

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra elektroenergetiky

Možnosti vytápění bytových domů  
Heating Options of Apartment Buildings

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra elektroenergetiky

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Adam Běťák**  
Studijní program: N2649 Elektrotechnika  
Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika  
Téma: **Možnosti vytápění bytových domů**  
**Heating Options of Apartment Buildings**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Vytápění bytových domů v České republice - rozbor.
2. Alternativní možnosti vytápění.
3. Možnosti změny vytápění z hlediska legislativy, platných smluv o zásobování teplem.
4. Návrh vhodného způsobu vytápění pro bytový dům.

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] Hradílek, Z., Lázníčková, I., Král, V. Elektrotepelná technika, Praha: ČVUT Praha, 2011, ISBN 978-80-01-043938-9
- [2] Vytápění - TZB-info [online]. [cit. 2019-10-01]. Dostupné z: <http://vytapieni.tzb-info.cz/>
- [3] Tywoniak, J. a kol. Nízkoenergetické domy 3, Praha: Grada Publishing, 2012, ISBN 978-247-3832-1
- [4] Počinková, M., Čuprová, D., Rubinová, O. Úsporný dům, Brno: Computer Press, 2012, ISBN 978-80-264-0014-1
- [5] Dufka, J. Hospodárné vytápění domů a bytů, Praha: Grada Publishing, 2007, ISBN 978-80-247-2019-7
- [6] Počinková, M., Treuová, L. Vytápění, Brno: ERA, 2002, ISBN 80-86517-35-7
- [7] Počinková, M., Treuová, L. Vytápění - Tepelná pohoda za minimální náklady, Brno: Computer Press, 2011, ISBN 978-80-251-3329-3

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Vladimír Král, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2019

Datum odevzdání: 30.04.2020

  
prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.  
vedoucí katedry



  
prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.  
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární  
prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne: 11. května 2020

.....  
podpis studenta

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval doc. Ing. Vladimíru Královi Ph.D. za odbornou pomoc a konzultaci při vytváření této diplomové práce.

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce je zaměřena na problematiku vytápění bytových domů. Zvolení vhodného návrhu otopného systému a způsobu vytápění je důležité, jak pro rekonstrukci stávajících domů, tak i pro stavbu domu nového. V teoretické části této práce je proveden rozbor vytápění bytových domů v České republice a jsou zde popsány alternativní možnosti, jak vytápět bytové domy a připravovat teplou užitkovou vodu. Tato část se rovněž zabývá změnou vytápění z hlediska legislativy a platných smluv o zásobování teplem. Praktická část se zabývá technickým a finančním zhodnocením změny vytápění a přípravy teplé užitkové vody konkrétního bytového domu. Jedná se o přechod z centrálního zásobování teplem na tepelné čerpadlo.

## **Klíčová slova**

Vytápění, otopná soustava, otopná tělesa, tepelné čerpadlo, centrální zásobování teplem, příprava teplé užitkové vody, zdroje tepla, tepelná pohoda, kotle, alternativní možnosti vytápění

## **Abstrakt**

This diploma thesis is focused on the apartment buildings heating issue. Selection of a suitable heating system design and a heating method is important for the house's reconstruction as well as for the construction of a new house. In the theoretical part of this thesis is performed an analysis of the apartment buildings heating in the Czech Republic and described alternative options for apartment buildings heating and service hot water preparation. Next part deals with the change of heating in terms of legislation and valid contracts with heat suppliers. The practical part of this thesis presents a technical and financial evaluation of the apartment building heating, during the transition from central heat supply to a heat pump.

## **Key words**

heating, heating system, radiators, heat pump, central heat supply, service hot water preparation, heat sources, thermal comfort, boilers, alternative heating options

## Seznam použitých zkratk

Zkratka	Význam
CZT	Centrální zásobování teplem
TUV	Teplá užitková voda
TČ	Tepelné čerpadlo
HDO	Hromadné dálkové ovládání
OV	Otopná voda
VT	Vysoký tarif
NT	Nízký tarif

## Seznam symbolů

Symbol	Význam	Jednotka
$\vartheta_i$	Interiérová teplota	°C
$\vartheta_v$	Teplota vzduchu	°C
$\vartheta_p$	Teplota okolních ploch	°C
$\alpha_k$	Součinitel přestupu tepla konvekcí	W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
$\alpha_k$	Součinitel přestupu tepla sáláním	W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
$COP$	Topný faktor	-
$SPF$	Sezónní topný faktor	-
$E_{TC}$	Potřeba elektrické energie pro pohon tepelného čerpadla	MWh
$Q$	Tepelný výkon	kW



# Obsah

Úvod.....	1
1 Vytápění bytových domů v České republice.....	2
1.1 Tepelný stav v místnosti.....	2
1.1.1 Teplota vzduchu v místnosti.....	2
1.1.2 Tepelná pohoda a oblast tepelné pohody .....	4
1.2 Základní druhy paliv používaných v ČR.....	5
1.2.1 Pevná paliva .....	5
1.2.2 Plynná paliva.....	5
1.2.3 Ostatní zdroje .....	5
1.2.4 Porovnání nákladů na vytápění .....	6
1.3 Otopné soustavy .....	6
1.3.1 Konvekční vytápěcí soustavy.....	7
1.3.2 Sálavé vytápění .....	8
1.3.3 Lokální vytápění.....	8
1.3.4 Porovnání jednotlivých otopných soustav.....	8
1.4 Otopná tělesa.....	9
1.4.1 Otopná tělesa článková.....	9
1.4.2 Otopná tělesa desková.....	9
1.4.3 Otopná tělesa trubková.....	10
1.4.4 Konvektory.....	10
1.4.5 Podlahové vytápění .....	10
1.5 Kotle.....	11
1.5.1 Kotle na tuhá paliva.....	11
1.5.2 Kotle na plyn.....	13
1.5.3 Elektrokotle .....	15
1.5.4 Centrální zásobování teplem .....	16
2 Alternativní možnosti vytápění .....	18
2.1 Tepelná čerpadla .....	18
2.1.1 Obecný princip funkce tepelného čerpadla .....	18
2.1.2 Topný faktor a sezonní topný faktor .....	19
2.1.3 Tepelné čerpadlo vzduch – voda.....	19
2.1.4 Kompresory využívané u tepelných čerpadel .....	19

2.1.5	Tepelná čerpadla pro zateplené bytové domy .....	20
2.1.6	Typ tepelného čerpadla pro bytový dům .....	20
2.1.7	Investice do tepelného čerpadla pro bytový dům .....	21
2.2	Solární energie.....	21
3	Možnosti změny vytápění z hlediska legislativy, platných smluv o zásobování teplem .....	23
3.1	Změna možnosti vytápění odpojením z centrálního zdroje tepla na domovní kotelnu .	23
3.1.1	Energetický posudek .....	23
3.1.2	Ekonomická přijatelnost.....	24
3.1.3	Technická proveditelnost .....	24
3.1.4	Ekonomická proveditelnost a ekologická proveditelnost.....	24
3.2	Odpojení bytového domu od CZT.....	24
3.2.1	Odpojení na vstupu teplovodní přípojky do vytápěného objektu.....	24
3.2.2	Odpojení v místě odbočení domovní přípojky od hlavního rozvodu .....	25
3.3	Úspory tepla po odpojení od CZT .....	25
4	Návrh vhodného způsobu vytápění pro bytový dům.....	26
4.1	Popis situace.....	26
4.2	Návrh technického řešení tepelného čerpadla .....	26
4.3	Zhodnocení předběžného projektu tepelného čerpadla .....	28
4.4	Technické zhodnocení použití tepelného čerpadla.....	33
4.5	Srovnání finančních nákladů mezi CZT a tepelným čerpadlem za roky 2018 a 2019..	35
4.6	Zhodnocení doby návratnosti za rok 2018 a 2019.....	36
4.7	Možnost snížení finančních nákladů za pomoci změny dodavatele elektrické energie	37
4.8	Zhodnocení změny způsobu dodávky tepelné energie .....	38
5	Závěr .....	39

## Seznam ilustrací

Obrázek 1 Ideální vytápění v místnosti [3] .....	3
Obrázek 2 Podlahové vytápění v místnosti [3] .....	3
Obrázek 3 Teplovodní vytápění v místnosti [3].....	3
Obrázek 4 Konvektorové vytápění [3].....	3
Obrázek 5 Oblast tepelné pohody [3].....	4
Obrázek 6 Grafická závislost celkových nákladů na typu vytápění [4] .....	6
Obrázek 7 Funkční schéma automatického kotle [5] .....	13
Obrázek 8 Řez kondenzačním kotlem [6] .....	15
Obrázek 9 Schéma elektrokotle [7].....	16
Obrázek 10 Blokové schéma dálkového vytápění [9].....	17
Obrázek 11 Obecný princip funkce tepelného čerpadla [3] .....	18
Obrázek 12 Schéma zapojení tepelného čerpadla [11] .....	21
Obrázek 13 Grafické znázornění bodu bivalence .....	27
Obrázek 14 Topení tepelným čerpadlem .....	27
Obrázek 15 Strojovna [21].....	28
Obrázek 16 Grafické znázornění spotřeby tepelné energie pro vytápění v jednotlivých letech ....	31
Obrázek 17 Porovnání vývoje ceny za 1 GJ z CZT a TČ .....	32
Obrázek 18 Vývoj ceny 1GJ dodaného tepla z CZT pro vytápění.....	32
Obrázek 19 Vývoj ceny elektrické energie .....	33

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Účinnost jednotlivých kotlů [1] .....	11
Tabulka 2 Vstupní parametry pro výpočet.....	29
Tabulka 3 Parametry pro vyhodnocení doby návratnosti.....	29
Tabulka 4 Vstupní parametry pro určení SPF.....	34
Tabulka 5 Vstupní parametry pro finanční srovnání.....	35
Tabulka 6 Výsledky cenového srovnání .....	36
Tabulka 7 Náklady na elektrickou energii za rok 2019 .....	37

## Úvod

Vytápění bytových domů je odvětvím energetiky, které je finančně náročné a má dopad jak na ekologii, tak na tepelnou pohodu člověka. V mírném klimatickém pásmu České republiky nás nezatěžuje potřeba vytápění objektů celoročně. Vhodně zvolený typ vytápění má za úkol zajistit komfort člověka. Tato diplomová práce přibližuje problematiku vytápění bytových domů v České republice. Jsou zde popsány nejen zdroje tepelné energie, ale i otopné soustavy, které se používají nejčastěji. Důležitou součástí problematiky vytápění bytových domů je rovněž příprava teplé užitkové vody. Z důvodu vysokých cen při vytápění a nutných odstávek teplé užitkové vody z centrálního zásobování teplem stále častěji společenství vlastníků bytových jednotek hledá možnosti, jak tyto náklady snížit. Často dochází k odpojení odběratelů od centrálního zásobování teplem a k hledání nových možností vytápění. Samotné odpojení od centrálního zásobování teplem není jednoduchou záležitostí. Mezi dodavatelem tepelné energie a jejím odběratelem jsou smluvní závazky, které není jednoduché rozvázat. Kvůli tomu, že se tepelná energie dodávána z centrálního zásobování teplem řadí mezi ekologické zdroje tepla, upravuje tyto možnosti příslušná legislativa. Mezi stále častěji využívané alternativní zdroje tepelné energie patří tepelná čerpadla. Praktická část této diplomové práce má za cíl zhodnotit technické řešení změny způsobu vytápění a přípravy teplé užitkové vody, konkrétního bytového domu. Vytápění a příprava teplé užitkové vody původně zajištěná centrálním zásobováním teplem byla nahrazena novým tepelným čerpadlem. Dalším cílem této práce je posouzení reálné investice společenství vlastníků bytových jednotek do tohoto zařízení.

# **1 Vytápění bytových domů v České republice**

Základním úkolem vytápění je zajištění tepelné pohody člověka. Navržený a provozovaný otopný systém musí zajistit takový stav prostředí, ve kterém se lidem bude příjemně nejen pracovat, ale teplota musí být příjemná i pro jejich trvalý pobyt. Tohoto stavu se snažíme docílit při minimální spotřebě paliva nebo energie. Největší vliv na spotřebu paliva mají tepelně technické vlastnosti použitých stavebních materiálů na konstrukce a výplně otvorů. Důraz je také kladen na kvalitní regulaci, aby došlo ke snížení finančních nákladů na vytápění. [1,2]

Lze tedy obecně konstatovat, že každá vytápěcí soustava musí dodat objektu takové množství tepla, které tvoří jeho tepelná ztráta v daném časovém úseku. Velikost tepelných ztrát objektu udávají použité stavební materiály, okna, dveře, apod. Hodnotu tepelné ztráty udává takzvaný tepelný odpor. Čím vyšší hodnoty tepelný odpor nabývá, tím nižší bude tepelná ztráta objektu. Pro vyjádření tepelných ztrát objektu lze také použít i součinitel přestupu tepla. Jeho nižší hodnota značí lepší tepelně technické vlastnosti konstrukce. S ohledem na životnost stavby je důležité vybírat kvalitní materiály s dobrými tepelně technickými vlastnostmi. [1,2]

## **1.1 Tepelný stav v místnosti**

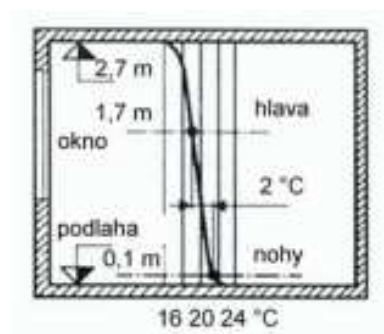
O tom, jak se člověk cítí v daném prostředí, jestli je mu teplo nebo zima, rozhoduje několik faktorů. Mezi ně patří stupeň fyzické námahy, tzn. teplo, které je vyprodukováno lidským tělem, teplota okolního vzduchu, účinná teplota okolních ploch, tepelně izolační schopnosti oděvu, tedy tepelná propustnost, vlhkost okolního vzduchu (relativní vlhkost) a rychlost proudění vzduchu. Teplota okolního vzduchu a účinná teplota okolních ploch určují tepelný stav prostředí. Ten se projevuje výsledným tepelným účinkem tohoto prostředí na člověka. Nejčastěji dochází k vyjádření tepelného stavu prostředí veličinou, která je snadno měřitelná. [3]

### **1.1.1 Teplota vzduchu v místnosti**

Při posuzování tepelného stavu prostředí je důležitá především hodnota teploty vzduchu v místnosti. Teplotu vzduchu lze totiž považovat za dostatečné kritérium tepelného prostředí, ale pouze za podmínek, že je v tomto prostředí klidný vzduch a teplota okolních ploch má nepatrně odlišnou hodnotu od teploty vzduchu. Nicméně teplota v místnosti není v každém jejím místě stejná. Z tohoto důvodu je nutné posuzovat také místní změnu, nerovnoměrnost. [3]

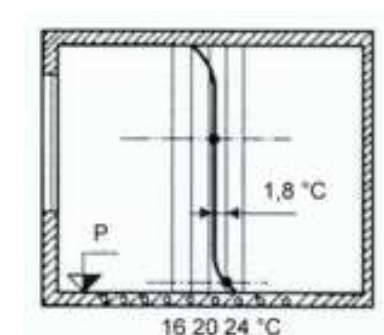
Při posuzování teploty v místnosti je velmi důležitá vertikální nerovnoměrnost teploty vzduchu ve vytápěných místnostech, která vzniká vlivem nestejnoměrného přívodu tepla a nestejnoměrného ochlazování jednotlivých stěn, podlahy a stropu v místnosti. Na následujících obrázcích je znázorněno vertikální rozložení teplot v místnosti při různých způsobech vytápění:

- Ideální rozložení teploty v místnosti:



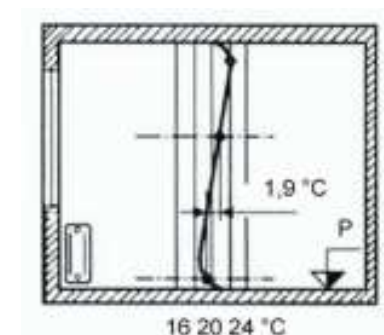
Obrázek 1 Ideální vytápění v místnosti [3]

- Podlahové vytápění:



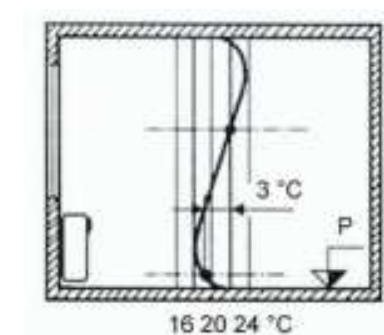
Obrázek 2 Podlahové vytápění v místnosti [3]

- Teplovodní vytápění:



Obrázek 3 Teplovodní vytápění v místnosti [3]

- Konvektorové vytápění:



Obrázek 4 Konvektorové vytápění [3]

Pro příjemný pobyt člověka v místnosti je rozhodující teplota dolní vrstvy vzduchu v úrovni nohou. Posuzování se provádí 0,1m nad podlahou. Následujícím faktorem je teplota vzduchu v úrovni hlavy, posuzující se ve výšce 1,7m nad podlahou. Následně je z těchto dvou teplot zhotoven rozdíl, který má velký význam na tepelnou pohodu v místnosti. [3]

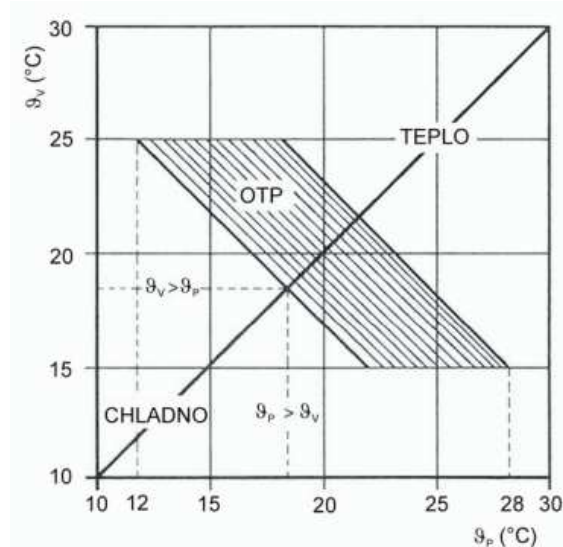
Na obrázku č.1 je znázorněno ideální vytápění, kdy teplota v místě nohou dosahuje hodnoty 21 °C. Ve výšce hlavy stojícího člověka je přibližně 19 °C. Z hlediska tepelné pohody by neměl být rozdíl teplot mezi hlavou a nohama vyšší než 1,5 °C u sedícího člověka a 2 °C u člověka stojícího. Z následujících obrázků vyplývá, že nejideálnější poměry nastávají při použití podlahového vytápění. [3]

### 1.1.2 Tepelná pohoda a oblast tepelné pohody

Tepelná pohoda popisuje rovnováhu mezi prostředím, ve kterém se člověk pohybuje a tím, jak se v tomto prostředí pohybuje. Závisí na činnosti, kterou člověk v daném prostoru provádí. Rozdílné požadavky budou na prostor jako je tělocvična nebo na učebnu. Výsledná teplota prostředí v místnosti vychází ze vztahu pro tepelnou rovnováhu vyjádřenou pomocí tepelných toků k povrchu těla. Využívá se zjednodušení pro součinitele přestupu tepla konvekcí a sáláním ( $\alpha_k = \alpha_s$ ), za předpokladu, že rychlost proudění vzduchu je menší než  $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , dostáváme výslednou rovnici pro teplotu prostředí potřebnou pro zajištění tepelné pohody ve tvaru:

$$\vartheta_i = 0,5 \cdot \vartheta_v + \vartheta_p \cdot 0,5 \quad (1.1.)$$

Při dané vnitřní produkci tepla a dané tepelné propustnosti oděvu závisí tepelná pohoda pouze na teplotě vzduchu a účinné teplotě okolních ploch. Předpokládá se, že v místnostech, kde se požaduje výsledná teplota ( $\vartheta_i = 18,5 \text{ až } 21,5 \text{ °C}$ ), má být teplota vzduchu v mezích od 15 do 25 °C a teplota okolních ploch se může měnit od 12 do 28 °C. Na následujícím obrázku je vyšrafována oblast tepelné pohody. [3]



Obrázek 5 Oblast tepelné pohody [3]

## 1.2 Základní druhy paliv používaných v ČR

Provozní náklady na vytápění jsou tvořeny z části cenou paliva. Ceny paliv se každým rokem liší a nelze dopředu odhadnout, jaká bude situace na trhu za 5 nebo 10 let. Nejdůležitějším kritériem paliv je jejich výhřevnost neboli množství tepla, které vznikne dokonalým spálením paliva. [1]

### 1.2.1 Pevná paliva

Pevná paliva se používala nejčastěji pro vytápění v minulém století, ať už se jednalo o dřevo nebo uhlí a to ve velké míře. Postupem času, s ohledem na komfort člověka při vytápění, se od tuhých paliv začalo ustupovat, a to i s ohledem na ekologii. [1]

Výhodou pevných paliv, je jejich nízká cena, a hlavně dostupnost v místech, kde není zaveden zemní plyn nebo nelze zásobovat z CZT. Na straně druhé je však značná nevýhoda plynoucí ze skladování materiálů, doplňování zásobníku kotlů pro vytápění nebo nutnosti pravidelného čištění komínů. [1]

Nejčastěji používaná pevná paliva pro vytápění bytových domů v ČR:

- Uhlí hnědé nebo černé
- Dřevo kusové, dřevěné brikety nebo peletky
- Štěpka, piliny anebo jiný dřevní odpad

### 1.2.2 Plynná paliva

Pro vytápění se nejčastěji používá zemní plyn a propan-butan. O dopravu zemního plynu se stará potrubí, kdežto propan-butan je dodáván v ocelových lahvích v kapalném stavu. V poslední době se také rozšiřuje bioplyn, jež se začíná hojně využívat. Cena vytápění zemním plynem je přijatelná, ačkoli neustále kolísá. Do České republiky je zemní plyn dovážěn především z Ruska nebo Norska a vlivem dobrého kurzu koruny k dolaru je jeho cena na poměrně přijatelné úrovni. [1]

Použití plynu ve srovnání s tuhými palivy, má několik výhod. Hlavní výhodou je automatizace při vytápění. Odpadá tedy nutnost přikládat do kotle a při jeho hoření nevzniká popel. Topení plynem je ekologičtější a zároveň lze využít kondenzačního tepla spalin, kdy dochází k vyšší účinnosti při spalování. Nevýhodou topení plynem je nebezpečí úrazu člověka, neboť plyny jsou výbušné a při svém úniku jsou nedýchatelné. Proto se do plynných paliv přidávají jiné páchnoucí plyny, aby mohl být jejich případný únik rozpoznán čichem. S ohledem na bezpečnost lze použít detektory, které případný únik plynu ohlásí. [1]

### 1.2.3 Ostatní zdroje

Mezi ostatní zdroje můžeme zařadit například elektrickou energii, kde je velmi důležité vybrat vhodnou sazbu, která bude pro vytápěný objekt nejlépe vyhovovat. Dále také solární, geotermální energii nebo využití vytápění za pomoci tepelného čerpadla. V současné době je spousta bytových domů ve větších městech také vytápěna za pomoci CZT. [1]



### 1.2.4 Porovnání nákladů na vytápění

Vyhláška z roku 2016 dělí náklady na vytápění jednotlivých bytů v panelovém domě spravedlivějším systémem než vyhláška dřívější. Touto vyhláškou byly přenastaveny koeficienty na tepelnou jednotku, které berou v úvahu i dříve znevýhodněné postavení krajních a rohových bytů, pro jejichž vytápění je daleko větší spotřeba tepla. Byty, jež jsou uprostřed a mají kolem sebe další bytové jednotky, mají koeficienty pro vytápění vyšší. Jednoduše se dá říct, že pokud někdo netopí vůbec a nechá se vytápět byty, které jej obklopují, vypočítává se platba z celkového průměru. Asi dvě pětiny bytů v České republice využívají teplo z tepláren. Ostatní byty jsou závislé na plynu, tepelných čerpadlech nebo jiných zdrojích tepla. [4]

Srovnání ročních nákladů na vytápění a ohřev vody pro průměrnou čtyřčlennou domácnost, která žije v bytě o rozloze 70 m<sup>2</sup> s roční spotřebou 30GJ (8 334 kWh), udává na svých stránkách teplárenské sdružení České republiky. Na následujícím obrázku je znázorněno srovnání celkových nákladů, na typu vytápění. Z grafu je patrné, že velmi výhodné jsou biokotelny na biomasu a stále levné je i použití pevných paliv, ačkoli je zde nutná obsluha kotle a také náklady na čištění a revize komínů. [4]



Obrázek 6 Grafická závislost celkových nákladů na typu vytápění [4]

### 1.3 Otopné soustavy

Při pohledu na vytápění objektu jako je bytový dům je důležité zvolit správný typ vytápění. To je však závislé na několika ovlivňujících faktorech, kterými jsou klimatické podmínky, dostupnost paliv nebo také případná možnost napojení do systému CZT. Následně je důležité zohlednit ovlivňující faktory dané budovy, s ohledem na její velikost, velikost tepelných ztrát a v neposlední řadě na její technický stav, jež může být ovlivněn stářím domu. [1,2]

Do místnosti se teplo dodává buď prouděním (konvekci) nebo sáláním (radiací). Pokud přivádíme teplo do místnosti za pomoci proudění, při vytápění budou použity radiátory, konvektory nebo desková otopná tělesa. Pokud budeme chtít přivádět teplo do místnosti za použití přenosu tepla sáláním, využívá se pro tento způsob vytápění velkých ploch, jako jsou podlahy, případně stěny nebo stropy. Dále můžeme dělit otopné soustavy na teplovzdušné a teplovodní. U bytových domů se nejčastěji využívá vytápění teplovodní. Teplovzdušné vytápění se může na některých místech použít, ale rozhodně není zcela běžné pro vytop celého domu. Parní vytápění se v této aplikaci nevyužívá, používá se u vytápění různých průmyslových objektů, kde může poměrně hodně kolísat teplota. Výhodou použití parního vytápění u těchto objektů je možnost přerušovaného chodu. [1,2]

Teplovodní soustavy se v dnešní době vytvářejí jako uzavřené, nemají tedy volný přístup vzduchu a pracují pod stanoveným tlakem. Takové soustavy se nejčastěji budují dvěma způsoby, a to s nuceným oběhem vody a s přirozeným oběhem vody, který vzniká na základě rozdílných hustot vratné, studené a přírodní, teplé otopné vody. V dnešní době se čím dál častěji používají soustavy s nuceným oběhem, který obstarává oběhové teplovodní čerpadlo. U nuceného oběhu je výhodou zajištění lepších teplotních a hydraulických parametrů s dobrou regulací i měřením spotřeby tepla. Dochází tak k rychlejšímu zátoku. Systém s nuceným oběhem má však svou nevýhodu, a to v jeho závislosti na elektrické energii. Mezi největší výhody přirozeného oběhu patří nezávislost na dodávce elektrické energie. Nevýhodou tohoto systému je velká tepelná setrvačnost, velké průměry potrubí a nemožnost použití vhodných regulačních prvků. [1,2]

### **1.3.1 Konvekční vytápěcí soustavy**

Teplo do vytápěné místnosti je dopravováno prouděním. Z otopného tělesa se ohřívá vzduch, od kterého se dále ohřívají stěny podlaha a strop. Do devadesátých let minulého století se nejčastěji budovaly vytápěcí soustavy s radiátory, případně s deskovými otopnými tělesy. V následujících letech se začaly hojně používat konvektory a po roce 2000 propukl rozmach s instalací teplovodního vytápění za pomoci podlahových konvektorů. Konvekční vytápěcí soustavou je rovněž etážové vytápění, které je funkčně velmi podobné, ale soustava nemá stoupačky. Ostatní části etážové soustavy jsou s ústředním vytápěním shodné. [1,2]

Kotel na pevná a plynná se umísťuje ve sklepě nebo v samostatné místnosti, do které je zabezpečen dostatečný přívod vzduchu. Kotel se nikdy nesmí instalovat do místnosti, kde jsou skladovány různé hořlavé látky či potraviny. Ohřátá voda se do otopných těles rozvádí za pomoci stoupačického potrubí. V otopném tělese dochází k předání tepla okolí a ochlazená voda opět klesá do kotle, kde dochází k jejímu novému ohřátí. Samotné otopné těleso bývá osazováno termostatickým ventilem. Na potrubí u přívodu k otopnému tělesu bývá regulační ventil, za jehož pomoci dochází k nastavení průtoku vody. Tento ventil může sloužit pro vypuštění vody z otopného tělesa, například při opravě. [1,2]

K základnímu vybavení kotle patří teploměr, tlakoměr, pojistný ventil, regulační zařízení a čerpadlo. Pro pružný provoz otopné soustavy se do ní osazuje oběhové čerpadlo, pro jehož hospodárné podmínky musí platit, že jeho osa bude ve vodorovné poloze, aby nebyla namáhána ložiska a tím pádem nedocházelo ke snížení jeho životnosti. Dále do čerpadla musí proudit čistá voda. Toho se dosahuje za pomoci sítok, která jsou osazena v sání čerpadla a pro připojení čerpadla k potrubí slouží převlečná matice. Pravidelným čištěním těchto sítok dochází k prodloužení životnosti čerpadla. [1,2]

K vytápění může být také použit podlahový konvektor, jehož topné těleso není vidět a je uschován v podlaze. Viditelný je pouze kryt, po kterém se může chodit. Konvektorů je mnoho typů, mohou být rovné, zalomené nebo zakulacené v potřebném poloměru. Jejich umístění bývá nejčastěji na nejchladnější místa, například u balkónových dveří. [1,2]

V současné době se používá poměrně nový prvek, který se v dřívějších dobách nepoužíval a tím je rozváděč tepla. Jde o skříňku, která bývá upevněna ve stěně a umístěna asi 30 cm nad podlahou. Do rozváděče jsou vodorovně upevněny dvě trubky nad sebou, horní trubka se nazývá rozdělovač a spodní sběrač. Z těchto dvou trubek jsou poté vyvedeny trubky s teplou vodou do jednotlivých topných okruhů a topných těles. V takovémto rozváděči jsou zabudovány měřicí přístroje, odvzdušňovače, regulace a případně další díly. Jeho použití je vhodné pro ústřední i podlahové vytápění. [1,2]

### **1.3.2 Sálavé vytápění**

Pro sálavé vytápění je charakteristické, že se od velké plochy, jako je podlaha, ohřeje vzduch v celé místnosti. V dřívější době se budovaly soustavy takovým způsobem, že teplo sálalo ze stropu, což způsobovalo lidem bolest hlavy nebo jiné zdravotní potíže. I z hlediska tepelné pohody člověka v místnosti byl tento typ vytápění zavrhnut a v dnešní době se používá podlahové vytápění, které zajišťuje nejvhodnější rozložení teploty vzduchu v místnosti. Za pomoci sálavého vytápění nedochází k cirkulaci vzduchu, tedy nevíří se prach, nedochází k vysušování vzduchu v místnosti. Podlahové nebo stěnové vytápění se provádí za pomoci elektrických rohoží nebo teplovodními trubkami. [1,2]

### **1.3.3 Lokální vytápění**

Typickým znakem lokálního vytápění bytů je vytápění jedné nebo dvou místností jedním topidlem. Výkon topidla musí být dostatečný, aby pokryl tepelné ztráty v místnosti. Hlavní výhodou jsou nízké pořizovací náklady. Odpadají náklady na budování potrubního systému. Rovněž pro elektrická topidla i akumulární kamna není nutné budovat komín. Mimo elektrických přímotopných a akumulárních topidel se používají také plynová lokální topidla. Většina moderních lokálních topidel se vyznačuje velmi dobrou a rychlou regulací. Rovněž lze pořídit lokální topidla na tuhá nebo kapalná paliva, ale jejich použití v bytových domech je nevhodné. [1,2]

### **1.3.4 Porovnání jednotlivých otopných soustav**

Všechny otopné soustavy mají své výhody i nevýhody a jejich volba závisí na několika faktorech. Mezi tyto faktory se řadí velikost vytápěného domu, dostupnost paliva a v neposlední řadě na finanční možnosti majitele nemovitosti. [1,2]

Z hlediska vstupních nákladů patří mezi nejdražší konvekční a sálavé vytápění. Na straně druhé o dost nižší jsou pořizovací náklady při použití lokálního vytápění. S ohledem na tepelnou pohodu člověka v místnosti je nejvhodnější využití sálavého vytápění, hlavně v místnostech, kde bude položena dlažba. Nejčastěji se u bytových domů setkáváme s ústředním vytápěním, kde se voda ze zdroje tepla dostává do otopných těles ve více podlažích. Tento způsob vytápění je také vhodný i s ohledem na provozní náklady. Etážové vytápění se u obytných domů téměř nepoužívá. Teplá voda se dostává do otopných těles v jednom podlaží. Etážové vytápění lze použít i pro vytápění více pater, nicméně na každém podlaží musí mít svůj vlastní nezávislý zdroj. [1,2]

## 1.4 Otopná tělesa

Jak bylo zmíněno již dříve, otopná tělesa se používají k vytápění jednotlivých místností a jsou buď součástí celého ústředního vytápění nebo lokální. Umístění otopného tělesa je vždy na nejvíce ochlazované ploše, nejčastěji se jedná o vnější obvodovou stěnu. Pokud se na této ploše nachází okno, je vhodné umístit otopné těleso pod okno, neboť se do místnosti vlivem spár dostává chladný vzduch a klesá k podlaze. To má za následek vznik lokální tepelné nepohody. Umístěním otopného tělesa pod okno dochází k tomu, že ohřátý vzduch od tělesa stoupá nahoru, sráží chladný proud a obrací jeho tok vzhůru. Výška otopného tělesa vychází z minimální vzdálenosti umístění tělesa nad podlahou a pod parapetem. Délka otopného tělesa v místnosti, která je obývaná lidmi, by měla být alespoň stejně velká jako je délka okna. Důležité je nezapomenout na chladné sálání ze skleněné výplně, i proto je vhodné umístit otopné těleso pod každé okno, pokud se jich nachází v místnosti více. [1,2]

### 1.4.1 Otopná tělesa článková

Skládají se z jednotlivých článků, které jsou vzájemně spojeny pomocí závitových vsuvek. Nejčastěji se vyrábí z šedé litiny, ocelového plechu nebo slitin hliníku. Litinová článková tělesa se používají v teplovodních i v nízkotlakých parních soustavách, jejich životnost dosahuje až 50 let. Litinová článková tělesa mají velký objem vody, což znamená, že mají vyšší tepelnou setrvačnost, proto jsou nevhodná při moderní aplikaci, kdy je kladen důraz na pružnou regulaci maloobjemových otopných soustav s nuceným oběhem. Tato tělesa se používají pouze pro spodní připojení ke dvoutrubkové otopné soustavě. Ocelová článková tělesa se používají u teplovodních soustav. Mají nižší životnost, která dosahuje 15-20 let. Nevýhodou může být požadavek na vyšší kvalitu vody a pro používání v moderních soustavách nejsou příliš vhodné, neboť mají velký objem vody. [1,2]

Tělesa ze slitin hliníku jsou používána pro teplovodní soustavy. Vyrábí se jako odlitek a lze je použít pro všechny materiály na rozvodech. Aby mohla být do systému s takovými tělesy napuštěna voda, musí splňovat podmínku pH vody s minimální hodnotou 7,3. Tyto články využívají vysoké tepelné vodivosti hliníku a mají ve srovnání s klasickými články větší výhřevnou plochu. [1,2]

Pro připevnění článkových otopných těles ke zdi se využívají konzoly a držáky. O počtu a typu konzol a držáků rozhoduje materiál, rozměr, hmotnost tělesa a také závisí na typu stěny. Pokud není možné jejich připevnění ke zdi, lze je připevnit i k podlaze za pomoci stojánkových nebo nastavitelných konzol. [1,2]

### 1.4.2 Otopná tělesa desková

Základní přestupní plochu deskových otopných těles tvoří tvarovaná deska, která má vertikální a horizontální kanálky a je tvořena z lisovaných ocelových plechů. Provedení těles je jednořadé, dvouřadé nebo třířadé. Pro navýšení výkonu bývá k základní desce přivařena přídatná tvarovaná přestupní plocha. Desková otopná tělesa se používají pro dvoutrubkové nebo jednorubkové teplovodní otopné soustavy s nuceným oběhem. V poslední době došlo k rozmachu těchto těles, neboť mají malý objem vody a umožňují tím poměrně pružnou reakci na regulační zásah. Tyta tělesa lze upevnit ke zdi i k podlaze. [1,2]

### 1.4.3 Otopná tělesa trubková

Trubková otopná tělesa mají vodorovný nebo svislý trubkový registr, mohou být také tvořena trubkovým hadem. Tělesa se navrhují individuálně a jsou svařena z ocelových trubek, které jsou hladké nebo žebrové. Spojením žeber s trubkou dochází k zvětšení teplosměnné plochy. V dnešní době lze pořídit mnoho konstrukcí trubkových těles s různými tvary. Nejčastěji se používají v koupelnách. Koupelnové žebříky tvoří topné vodorovné profily z ocelových trubek kruhového průřezu, které jsou napojeny na svislý rozdělovací a sběrný profil. Průřez takového profilu může být různých tvarů nejčastěji však kruhový nebo obdélníkový. Napojení nejčastěji bývá provedeno z horní nebo dolní strany tělesa u rozdělovacích a sběrných profilů. Koupelnové žebříky je možné použít pro teplovodní soustavy s nuceným a také samotížným oběhem nebo je lze doplnit o sadu pro kombinované vytápění elektrinou. Koupelnové žebříky se zabudovanou topnou elektrickou vložkou lze provozovat nezávisle na provozu ústředního vytápění. Důležité je dbát na vhodné umístění tělesa v koupelně s ohledem na délku přípojovacího kabelu, a hlavně na polohu zásuvky, dle platné legislativy, aby nedošlo k úrazu elektrickým proudem. [1,2]

### 1.4.4 Konvektory

Konvektory pracují s přirozenou cirkulací vzduchu a umísťují se buďto na podlahu, nebo do kanálku v podlaze. V případě povrchového konvektoru se jedná o plechovou skříň s neuzavřenou spodní stranou. Vrchní část je zakryta snímatelnou mřížkou. Osazení povrchového konvektoru je provedeno na stěně. Ve spodní části se nachází otopný žebrový registr, který je z měděných trubek a lamel z hliníku. Délka, výška skříně a počet řad trubek registru určuje tepelný výkon konvektoru. Napojení otopného teplovodního systému ke konvektorům může být zespodu nebo zboku. [1,2]

Podlahové konvektory se používají všude tam, kde sahají prosklené plochy až k podlaze nejčastěji u balkónových dveří. Do podlahy je vložena plechová vana, ve které je umístěn měděný registr s měděnými lamelami a odvodu vzduchu. Vrchní část tvoří krycí mřížka s rámečkem, po které se může chodit. Tato část je v rovině s povrchovou podlahovou krytinou. Podlahové konvektory se vyrábí ve dvou formách a to, buď s přirozenou cirkulací vzduchu, nebo s nucenou cirkulací vzduchu. U nucené cirkulace je konvektor vybaven ventilátorem. Konvektory s nucenou cirkulací vzduchu dosahují vyšších výkonů. Je ovšem nutné, aby nebyly příliš hlučné. [1,2]

### 1.4.5 Podlahové vytápění

Při návrhu podlahového vytápění je důležité vědět, zda bude celý objekt vytápěn podlahovým vytápěním nebo jestli se bude jednat o kombinaci spolu s otopnými tělesy. Například z důvodu ušetření prostoru může dojít k umístění podlahového vytápění pouze v koupelně. Použitím podlahového vytápění lze docílit snížení teploty vzduchu v místnosti o 1 až 3 °C, přičemž tepelná pohoda zůstane v místnosti zachována, tím pádem může dojít k úspoře energie na vytápění. [1,2]

Podlahové vytápění je nejčastěji navrhováno spolu s nízkoteplotním zdrojem tepla, ať už tepelným čerpadlem či kondenzačním plynovým kotlem. Rovněž může být navrženo ve spojení s nástěnnými plynovými či stacionárními kotli, s elektrickým přímotopným kotlem nebo elektrokotlem s akumulací vody v zásobníku. Pro regulaci podlahového vytápění je nezbytná regulace topné vody na přívodu se závislostí na venkovní teplotě a ve spojení s funkcí spínacích hodin. Pokud je použit k vytápění kombinovaný systém, je potřebný návrh samostatné ekvitermní regulace pro otopná tělesa a také pro podlahové vytápění. [1,2]

Médium předávajícím teplo je nízkoteplotní topná voda o teplotě přívodu do 50 °C s teplotním spádem maximálně 10 K, optimálně 5-8 K. Podle toho, jak se podlahové vytápění montuje, rozlišujeme systémy s mokrým a se suchým procesem. Při montáži s mokrým procesem dochází k zabetonování podlahových okruhů, kdežto u montáže se suchým procesem dochází ke skládání z prefabrikovaných prvků. [1,2]

## 1.5 Kotle

V kotli dochází ke spalování paliva a k předání tepelné energie teponosné látce. Základním úkolem kotle je pokrytí tepelné ztráty celého objektu. Kotle se však také používají v mnoha případech k přípravě TUV. Dle druhu paliva můžeme kotle dělit na plyné, kapalné (využívající například topných olejů, v bytových domech se, ale nepoužívají), na pevná paliva, elektrokotle. Další možné dělení kotlů je dle teponosné látky na kotle teplovodní s teplotou do 115 °C, horkovodní nad 115 °C a kotle parní. [1,2]

Základním parametrem určujícím kvalitu kotle je jeho účinnost, která je dána širokou škálou dalších parametrů, jako je druh použitého paliva, způsob spalování nebo stáří kotle. [1,2]

*Tabulka 1 Účinnost jednotlivých kotlů [1]*

Použité palivo pro vytápění	Účinnost kotle (%)
Elektřina	98-99
Plyn	80-94
Tuhá paliva (černé a hnědé uhlí)	až 89

### 1.5.1 Kotle na tuhá paliva

Používání kotlů na tuhá paliva se omezuje na bytové domy, jež se vyskytují mimo města nebo v méně osídlených oblastech, neboť při užití fosilních paliv, jako je uhlí, dřevo, dochází k problémům se znečišťováním životního prostředí. Dalším problémem je zajištění vhodného skladování paliva a odstraňování popele. [1,2]

Kotle na tuhá paliva se vždy umísťují do samostatné místnosti. Prostor této místnosti není obýván, je suchý a obecně se nazývá kotelna. Starší generace těchto kotlů nebývá osazena ventilátorem s atmosférickým spalováním. Novější generace jsou vybaveny vzduchovým ventilátorem zajišťujícím přívod vzduchu pro spalování a plynulou regulaci v požadovaném rozsahu. Kotelna musí být dostatečně odvětrávána z důvodu odvodu škodlivin, jako jsou nežádoucí emise a prach, vzniklé vlivem nedokonalého spalování. Odvětrávání může být přirozené nebo přetlakové. Příslušná literatura doporučuje, aby se vzduch v kotelně vyměnil za hodinu až pětkrát. V každém kotli lze spalovat jen určité typy paliv a všechny kotle musí mít zajištěný samostatný komínový průduch. [1,2]

Kotle na tuhá paliva jsou zdrojem tepla pro otopné soustavy s nuceným nebo samotízným oběhem. Pro bezpečnost a hospodárnost provozu je vhodné vybavit topný systém oběhovým čerpadlem a také akumulacním zásobníkem. To umožňuje práci kotle na plný výkon do doby, než se nabije akumulací nádrž a poté se kotel nechá dohořet. Je to výhodné vzhledem ke vzniku emisí, neboť pokud kotel pracuje na plný výkon, vytváří nejmenší množství emisí. Kotle na pevná paliva do 50 kW se dají rozdělit do následujících skupin:

- Klasické atmosférické kotle určené pro spalování briket, koksu, dřeva a biomasy v podobě dřevěných pelet. Tyto kotle dosahují účinnosti mezi 72 až 80 %. [1,2]
- Automatické kotle na uhlí, biomasu a peletky s požadovanou zrnitostí s mechanickým přísunem paliva z vestavěného zásobníku umístěného vedle kotle a vzduchovým ventilátorem. O automatický provoz kotle se stará regulátor, který řídí režim podavače, ventilátor, chod a doběh čerpadla. Tyto kotle dosahují účinnosti 80 a 83 %. Výhodou je minimální nárok na obsluhu. [1,2]
- Zplyňovací kotle na dřevo, ve kterých je dřevní hmota vysoušena a generátorově zplyňována. Ohřátí biomasy na vysokou teplotu se provádí s malým přísunem vzduchu a tím dochází k uvolnění plyných složek. Dřevní plyn následně hoří vlivem podpory predehřátého sekundárního vzduchu, dochází tím k tomu, že se veškeré spalitelné složky paliva zplyňují. Tyto kotle mají vysokou účinnost 80-89 % a plynule regulovatelný výkon. Výhodou je také poměrně malá obsluha kotle, pokud kotel funguje na poloviční výkon, stačí obsah násypky na 8-12 hodin. [1,2]
- Zplyňující kotle na uhlí a dřevo se řadí mezi univerzální kotle, které umožňují spálení uhlí či dřeva současně. Výhodou je, že kotle spalují nejlevnější paliva a dávají možnost volby. Tyto kotle dosahují účinnosti 80-89 % a jsou plynule regulovatelné. [1,2]
- Kombinované teplovodní kotle elektřina-dřevo jsou zdroje, kde se do těla kotle určeného pro spalování dřeva zabuduje elektrická přímotopná jednotka, která je koncipovaná jako doplňkové vytápění, neboť topný výkon této elektrické vložky je nižší než jmenovitý výkon kotle při spalování dřeva. Elektrická přímotopná jednotka se využívá například v nepřítomnosti majitele pro temperaci v objektu. [1,2]

- Kotle na pelety umožňují automatický provoz zdroje, ale jeho obsluha je samozřejmě nutná, neboť se musí doplňovat zásobník a také odstraňovat popel, což může být i zautomatizováno pomocí šnekového dopravníku umístěného ve spodní části kotle. Tento dopravník odvádí popel do vnějšího kontejneru, který obvykle pojme popel za celou topnou sezónu. Peletkové kotle se vyznačují velkým regulačním rozsahem a také vysokou účinností, která u spodního podávče dosahuje až 95 %. [1,2]



Obrázek 7 Funkční schéma automatického kotle [5]

### 1.5.2 Kotle na plyn

Plynových kotlů se vyrábí několik typů, ale největší účinnost, hospodárny provoz a nejnižší spotřebu paliva vykazují kotle kondenzační. Kotle na zemní plyn se vyrábějí v několika výkonových řadách, dle kterých je lze rozdělit. [1,2]

- Místnost se spotřebičem do výkonu 50 kW. Může být i více spotřebičů do 50 kW, ale celkový výkon nesmí přesáhnout 100 kW. Pro tuto kotelnu platí norma ČSN 38 6441. [1,2]
- Kotelna kategorie III. s instalovaným výkonem 50 až 500kW. Pro tuto kotelnu platí norma ČSN 07 0703. [1,2]
- Kotelna kategorie I. S instalovaným výkonem nad 3,5 MW. Pro tuto kotelnu platí norma ČSN 07 0703. [1,2]

Z hlediska přívodu vzduchu a způsobu odvodu spalín se plynové spotřebiče rozdělují do tří základních skupin. [1,2]

- Spotřebiče v provedení A jsou spotřebiče s převedením vzduchu z prostoru, kde je spotřebič namontován. Spaliny jsou odváděny rovněž do tohoto prostoru. Do této skupiny patří sporáky, některé typy průtokových ohříváčů, vaříče. [1,2]



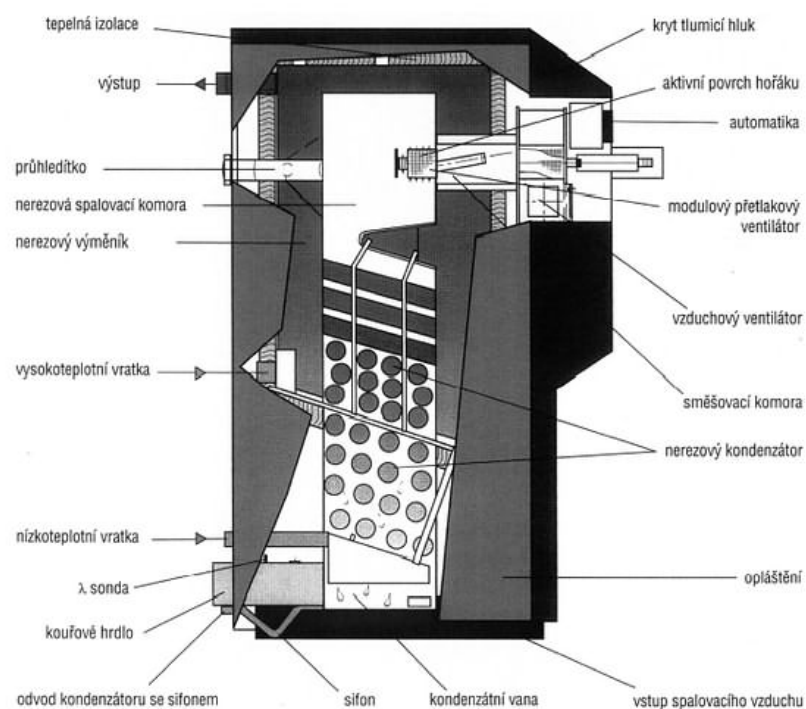
- Spotřebiče v provedení B jsou spotřebiče s převedením vzduchu z prostoru, kde je spotřebič namontován a spaliny se odvádí do venkovního prostředí. Do této skupiny se řadí většina plynových topidel s atmosférickými hořáky a také některé průtokové ohřívače vody s připojením do komína nebo s vlastním kouřovodem. [1,2]

- Spotřebiče v provedení C jsou spotřebiče s přivedením vzduchu z venkovního prostoru. Spaliny jsou odváděny také do venkovního prostoru. Tyto spotřebiče se mohou instalovat i do prostoru, kde nejsou otevíratelná okna, ale jejich umístění musí respektovat maximální délky odvodu spalin a přívodu vzduchu, ať už na fasádě nebo nad střechou. Do této skupiny patří plynové kotle závěsné s přívodem vzduchu a odvodem spalin na fasádu, kotle s přirozeným nebo umělým tahem, kotle se samostatným kouřovodem nebo podokenní topidla. [1,2]

Z hlediska provedení kotlů je lze rozdělit na kotle teplovodní, nízkoteplotní a kondenzační. Teplovodní kotle pracují při teplotním spádu 75/65 °C nebo dříve 80/60 °C. S vyšší pracovní teplotou kotle je vyšší účinnost. [1,2]

Nízkoteplotní kotle jsou konstrukčně podobné jako kotle teplovodní, ale pracují v nízkoteplotním režimu. Aby v tomto režimu mohly pracovat, je upravena konstrukce výměníku, a proto dosahují vyšších účinností než kotle teplovodní. Pracují při teplotním spádu 55/45 °C. [1,2]

Kondenzační kotle využívají teplo, které je obsaženo ve spalinách a pokud by nebylo využito, bylo by odváděno pryč komínem. Při snížení teploty spalin v kotli pod rosný bod, dojde k uvolnění skupenského tepla kondenzace vodní páry ve výparníku. Zjednodušeně lze říct, že ochlazená vytápěcí voda, jež se vrací z vytápěcího systému se přehřívá od teploty spalin. Tímto jsou spaliny ochlazovány a při teplotě cca 55 °C kotel pracuje v kondenzačním režimu. Takto přehřátá topná voda od spalin je následně dohřívána na požadovanou teplotu. Rozmezí, ve kterém se pohybuje teplota spalin je 40-90°C. Toto rozmezí závisí na teplotě vytápěcí vody a okamžitým využití kotle. Použití kotle je vhodné pro všechny druhy vytápění. Vzhledem k režimu kondenzace musí být komínová konstrukce a teplosměnná plocha kondenzačních kotlů odolná proti korozi. [6,25]



Obrázek 8 Řez kondenzačním kotlem [6]

### 1.5.3 Elektrokotle

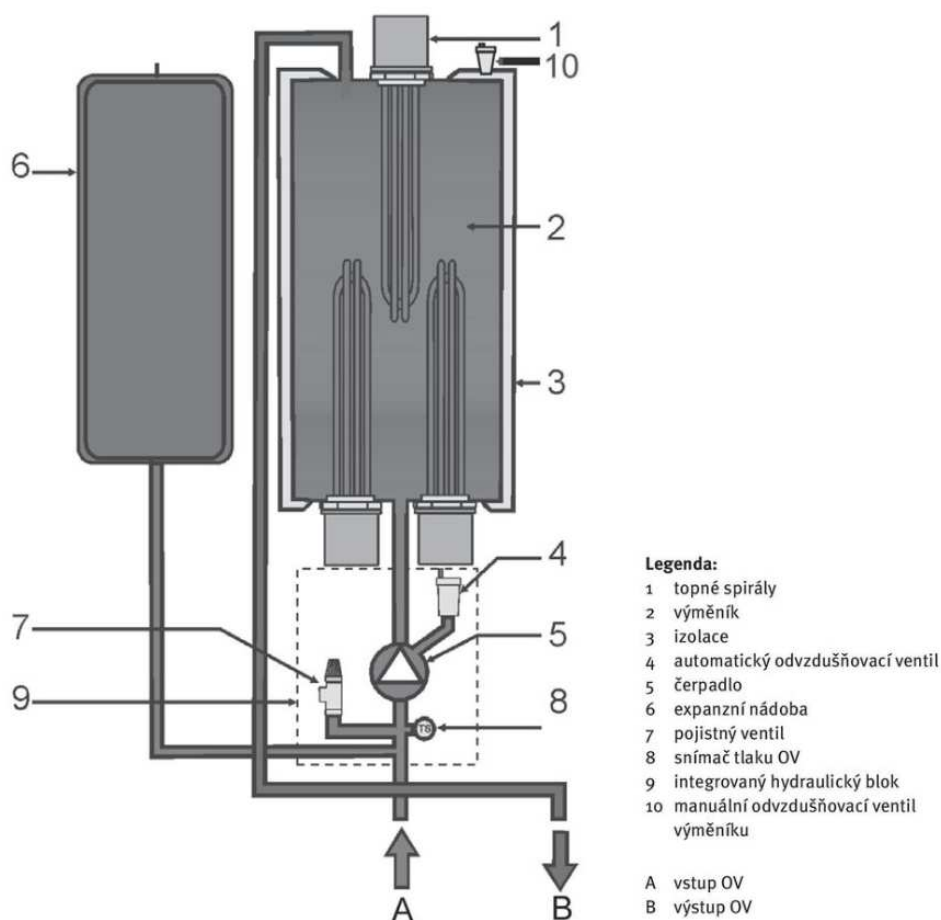
Při vytápění elektrickým kotlem lze docílit čistého, bezpečného, ekologicky nezávadného vytápění s minimálními požadavky na obsluhu. Regulace je automatická, účinnost zdroje vysoká až 99 %. Při provozu elektrokotle je důležité schválení energetické společnosti, která dodává elektřinu do sítě. Schválení je závislé na kapacitě rozvodné sítě v dané lokalitě. Nejčastěji se používají elektrokotle přímotopné nebo s akumulacním ohřevem. Aplikace kotlů s akumulacním ohřevem je velmi omezená, a proto se volí v bytech aplikace přímotopných kotlů. Přímotopný ohřev je však nákladnější na provoz, neboť odebírá více elektrické energie, ale lze využít sazby, kdy je elektřina levnější. [1,2]

Elektrokotle určené pro vytápění se zhotovují pro zavěšení na stěnu. K otopnému systému je lze napojit přímým, akumulacním nebo smíšeným ohřevem topné vody. Náklady na teplo jsou u elektrokotlů jedny z nejvyšších, proto je vhodné, aby objekt dosahoval co nejnižších tepelných ztrát. [1,2]

Elektrické přímotopné zdroje pracují na principu současné výroby tepla a jeho předávání teplotnosné látky. Přímotopný konvektor ze spodní části topidla nasává chladný vzduch, který po ohřátí topným médiem vystupuje mřížkou v jeho horní části. Pro zlepšení výměny vzduchu obsahují konvektory přídavný ventilátor. Tyto zdroje nejsou vhodné pro trvalé vytápění. Je vhodné použít je pouze jako dočasné nebo přídavné zdroje tepla. S ohledem na svou konstrukci nejsou tyto zdroje vhodné pro alergiky a osoby trpící problémy s dýcháním. S ohledem na pořizovací náklady se jedná o nejlevnější topidla. Umísťují se přímo ve vytápěné místnosti například jako přímotopné konvektory a radiátory. Nebo v rámci rozvodu otopné soustavy v podobě elektrokotle s ohřevem teplé vody. [1,2]

Akumulační topidla mají svůj princip založen na ukládání energie, jež je vyrobena v době nízkého tarifu do akumulátoru tepla, kterým může být teplovodní zásobník, magnezitové cihly nebo betonová vrstva podlahy. Při energetické špičce se uvolní energie ve formě tepla a využívá se k ohřevu vzduchu v místnosti. Tyto zdroje se mohou umisťovat přímo ve vytápěném prostoru v podobě akumulčních kamen, topných podlahových kabelů nebo podomítkové topné fólie. Další možností je umístění těchto zdrojů přímo v rozvodu otopné soustavy ve formě akumulčního teplovodního zásobníku. Akumulační zdroje mají speciální dvoutarifové sazby cen za elektřinu. Této sazby mohou využívat mimo otopná tělesa i všechny ostatní spotřebiče z přípojky v dané napájené době. Informaci tepelnému zdroji o začátku a konci období nižšího tarifu předává HDO. [1,2]

Pracovní schéma kotle

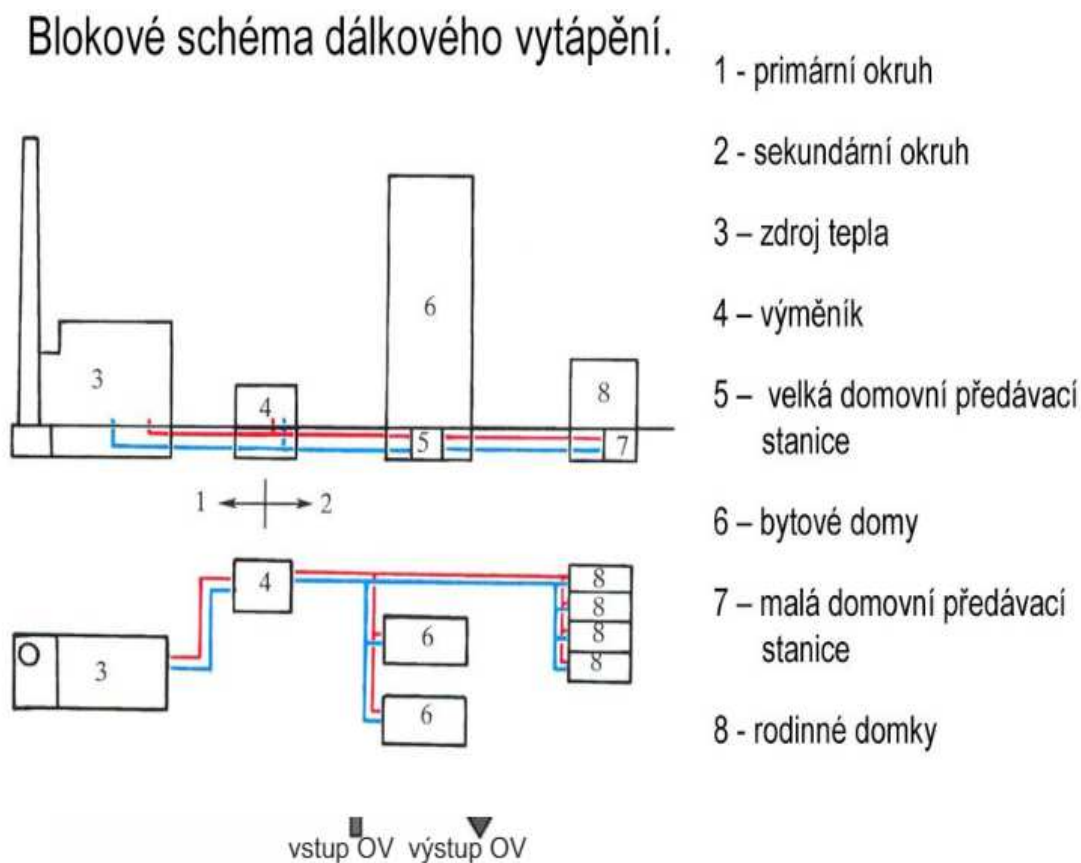


Obrázek 9 Schéma elektrokotle [7]

#### 1.5.4 Centrální zásobování teplem

Soustava centrálního zásobování teplem napájí tepelnou energií více objektů z jednoho společného zdroje tepla. Jedná se o obytné oblasti, městské části nebo celá města. Zdrojem pro toto zásobování může být teplárna, výtopna, elektrárna nebo továrna produkující odpadní teplo. Do soustavy centrálního zásobování tepelnou energií se zahrnuje, kromě výroby tepelné energie, také dálková doprava tepla pro vytápění a přípravu TUV. [8,10]

Blokové schéma znázorněné na obrázku číslo 10 znázorňuje princip funkce dálkového vytápění. Primární okruh přepravuje teplo ze zdroje do domovních výměníků stanic nebo do okrskových výměníků stanic, kde na primární okruh navazuje sekundární okruh a tím jsou poté zásobovány teplem a teplou vodou bytové domy. Výměníková stanice slouží k úpravě parametrů teploty látky jako je tlak, skupenství a její teplota dle požadavků odběratele. [8,10]



Obrázek 10 Blokové schéma dálkového vytápění [9]

Vytápění centrálním zdrojem tepla má řadu výhod i nevýhod. Mezi výhody se řadí, že pro vytápění lze využít poměrně velkou škálu paliv, rovněž tento systém disponuje velkým komfortem pro odběratele, který se nemusí starat o údržbu kotelny, komína, dopravu paliva. Tento systém rovněž může kombinovat výrobu tepla a elektřiny. [8,10]

Mezi nevýhody se řadí velmi vysoké náklady na zbudování rozvodu tepla. S ohledem na tepelné ztráty vznikající při přenášení tepla není tento systém vhodný pro zásobování oblastí, které se nacházejí ve velké vzdálenosti od zdroje. S ohledem na závislost bytového domu na jednom dodavateli tepla, reguluje jeho cenu Energetický regulační úřad. Náklady na tepelnou energii vyrobenou pomocí centrální zásoby tepla se liší dle použitého zdroje tepla a také dle náročnosti na přepravu tepla, což způsobuje růst ceny. [8,10]

## 2 Alternativní možnosti vytápění

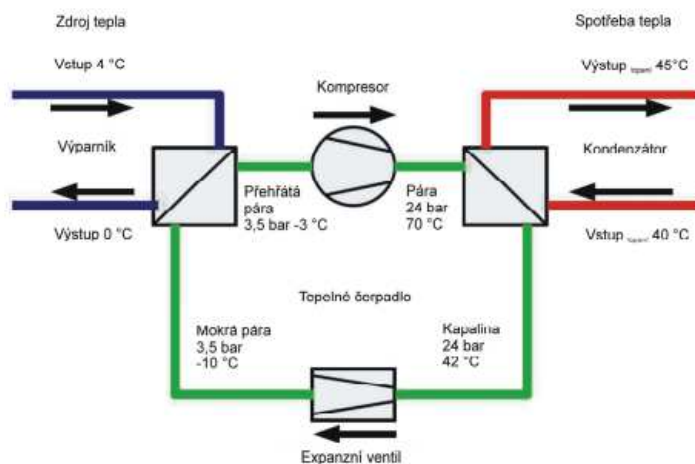
K alternativním možnostem vytápění se může společenství majitelů bytových jednotek rozhodnout z mnoha důvodů. Může to být z důvodů vysokých nákladů na teplo od CZT nebo potřeby rekonstrukce staré kotelny za novou. Pokud je stará kotelná například na tuhá paliva, omezuje majitele ve skladování topných paliv a pokud není do dané lokality zaveden zemní plyn, je vhodné použít alternativní možnosti vytápění. To disponuje řadou výhod nejen na straně komfortu, ale i na straně ekologie. Nejčastější alternativou pro vytápění bytových domů jsou tepelná čerpadla nebo také jejich kombinace se solárními systémy pro přípravu TUV. [10,11]

### 2.1 Tepelná čerpadla

Jedná se o vhodný typ topidla pro období, jež vykazuje vysokou spotřebu energie. Pokud se jedná o objekty, které vykazují nízkou spotřebu energie, nemusí být tepelné čerpadlo rentabilní. Hlavně z důvodu vysoké pořizovací ceny. Odlišná řešení se provádí s ohledem, jestli se jedná o novostavbu nebo dům před plánovanou rekonstrukcí nebo zda je po ní. U novostavby lze navrhnout topný systém, který je vhodný pro daný tepelný zdroj. To u starších objektů není v mnoha případech možné a je vyžadována kompletní rekonstrukce. [10,11]

#### 2.1.1 Obecný princip funkce tepelného čerpadla

Princip tepelných čerpadel je vyznačen na následujícím obrázku č.11. Ve výparníku dochází k odebrání tepla z prostředí, které má nižší teplotu a přenáší ho do topné soustavy s vyšší teplotou prostřednictvím kondenzátoru. Ve výparníku dochází k odpaření teplonosného média při nízkém tlaku. Teplo potřebné pro odpařování se odnímá z okolí, jímž může být okolní vzduch, voda z potoka, spodní voda nebo ze země. Poté je nasávána pára do kompresoru, kde dochází k jejímu stlačení, tyto stlačené páry o velmi vysoké teplotě jsou vedeny do kondenzátoru, kde je odnímáno teplo. V kondenzátoru dochází ke kondenzaci par a odevzdání výparného tepla topné soustavě. Z kondenzátoru poté odchází zkondenzované médium, přes expanzní ventil do výparníku. Vlivem nízkého tlaku ve výparníku se médium začne prudce odpařovat při nízké teplotě, když odnímá teplo a dochází k tomu, že se celý cyklus opakuje a nazývá se uzavřený Carnotův cyklus. Do něj se část energie dodává přes kompresor stlačováním, ale větší část energie je odebrána z prostředí s nízkou teplotou a je přenášena do vytápěného prostoru s vyšší teplotou. Kompresor zde slouží ke změně teploty teplonosného média při přenosu tepla. Na následujícím obrázku je znázorněn princip funkce tepelného čerpadla. [3]



Obrázek 11 Obecný princip funkce tepelného čerpadla [3]

### **2.1.2 Topný faktor a sezonní topný faktor**

Topný faktor (COP) a sezonní topný (SPF) faktor slouží pro srovnání energetické kvality tepelných čerpadel. Tyto dva parametry rovněž určují účinnost tepelného čerpadla. Obecně lze říct, že čím vyšší hodnotu topný faktor má, tím je výroba tepla efektivnější. COP je určen pro jeden standardní provozní bod, který by měl odpovídat nejčastějšímu provoznímu stavu tepelného čerpadla. SPF je parametrem, jež by měl vyjadřovat sezonní energetickou náročnost tepelného čerpadla. Topný faktor je vyjádřen číselnou hodnotou a jedná se o podíl výkonu a příkonu tepelného čerpadla. Závisí na teplotě nízko potenciálního zdroje, čím je teplejší zdroj, tím je vyšší účinnost, tím pádem topný faktor. [16]

### **2.1.3 Tepelné čerpadlo vzduch – voda**

Výhoda takového typu tepelných čerpadel je v nízkých nákladech na zemní práce, a proto jsou investičně méně náročné než jiné typy tepelných čerpadel. Jejich nevýhodou je poté velká závislost na teplotě okolního vzduchu. Pokud dochází ke zvýšení teploty venkovního vzduchu, dochází k růstu výkonu tepelného čerpadla. Z tohoto důvodu je tedy nutné provozovat tepelné čerpadlo v bivalentním provozu, kdy při kriticky nízkých teplotách dochází k zajištění potřebného množství tepelné energie z náhradního zdroje tepla. Při bivalentním provozu zpravidla nedochází k paralelnímu chodu obou zdrojů tepla. Pokud venkovní teplota poklesne pod bivalentní teplotu, dojde k vyřazení tepelného čerpadla z provozu a celkovou tepelnou zátěž pokrývá náhradní zdroj, jež navíc může zálohovat tepelné čerpadlo v případě poruchy. Bivalentní bod tedy udává teplotní rozhraní, do kterého je ekonomické nebo technicky možné provozovat tepelné čerpadlo. [3]

### **2.1.4 Kompresory využívané u tepelných čerpadel**

Základním prvkem tepelného čerpadla je kompresor, jež zajišťuje koloběh chladícího média. Nejvíce rozšířenými typy kompresorů jsou kompresory scroll a dvojité rotační kompresory, tyto dva typy se liší v konstrukci a principem stlačování média. [17]

Scroll kompresor je tvořen dvěma spirálami, které jsou vloženy do sebe. Jedna z těchto spirál je pevná a druhá excentricky krouží. V těchto spirálách dochází k nasátí média, které je poté stlačeno směrem ke středu. Tím dochází ke zvýšení teploty a tlaku na požadovanou hodnotu. Ve středu spirály je umístěna výtláčná trubka. Spirály je nutné neustále mazat, aby nedošlo k úniku média. Problém nastává při nízkých rychlostech z důvodu snížení účinnosti mazání, a tak může dojít k předčasnému opotřebení kompresoru. Proto je potřeba klasický kompresor typu scroll provozovat při konstantních otáčkách. [17]

Další generací scroll kompresorů jsou kompresory typu EVI scroll kompresor, které jsou založeny na principu udržování teploty výtlaku kompresoru. Ta se udržuje pomocí přisávání chladných par chladiva do mezirotorového prostoru v průběhu stlačování par chladiva. Chladivo je přistříkáváno do kompresoru a současně ho lze využít pro podchlazení kapalného chladiva za kondenzátorem a tím zvýšit výkon. Pokud je v kondenzátoru větší množství chladiva, dochází ke zvýšení výkonu. Z důvodu, že kompresor pracuje s vyšším množstvím chladícího média, roste také jeho příkon. I přes zvýšení příkonu kompresoru je energetická účinnost vyšší. Tyto kompresory disponují nevýhodou plynoucí z jejich větší mechanické zátěže. [17]

Vývoj kompresoru Digital scroll začal v roce 1993 a poprvé byl uveden do provozu v roce 2000. Využívá osové pohyblivosti rotorů k přerušování stlačovací fáze, plynoucí z osového oddálení rotorů kompresoru od sebe. Přerušování stlačovací fáze umožňuje přizpůsobení výkonu i spotřebované energie kompresoru. Tento systém se vyznačuje velkou výhodou plynoucí z regulace jmenovitého výkonu kompresoru v rozmezí 10 až 100 %. Při provozu kompresoru digital scroll je nutné dodržet požadovanou teplotu chladiva. [17]

Dvojitý rotační kompresor je tvořen dvěma pevnými komorami. V každé z těchto komor se otáčí excentrická vačka. Ta má za úkol stlačit chladivo ve spolupráci s pohyblivou komorovou přepážkou. Obě excentrické vačky jsou uloženy v protilehlých polohách na jedné hřídeli. Z důvodu, aby bylo zajištěno vyrovnaní namáhání ložisek motoru a hřídele. Tato konstrukce se vyznačuje výhodou velmi malého mechanického namáhání, a proto dochází i ke snížení potřeby mazání při nízkých otáčkách. Dvojité rotační kompresory jsou velmi kompaktní, pracují ve velmi tichém provozu s malými vibracemi a vysokou účinností. Řízení otáček takovýchto kompresorů je prováděno plynule frekvenčním měničem, protože jsou otáčky úměrné výkonu kompresoru, je možné regulovat výkon kompresoru od 20 – 100 %. [17]

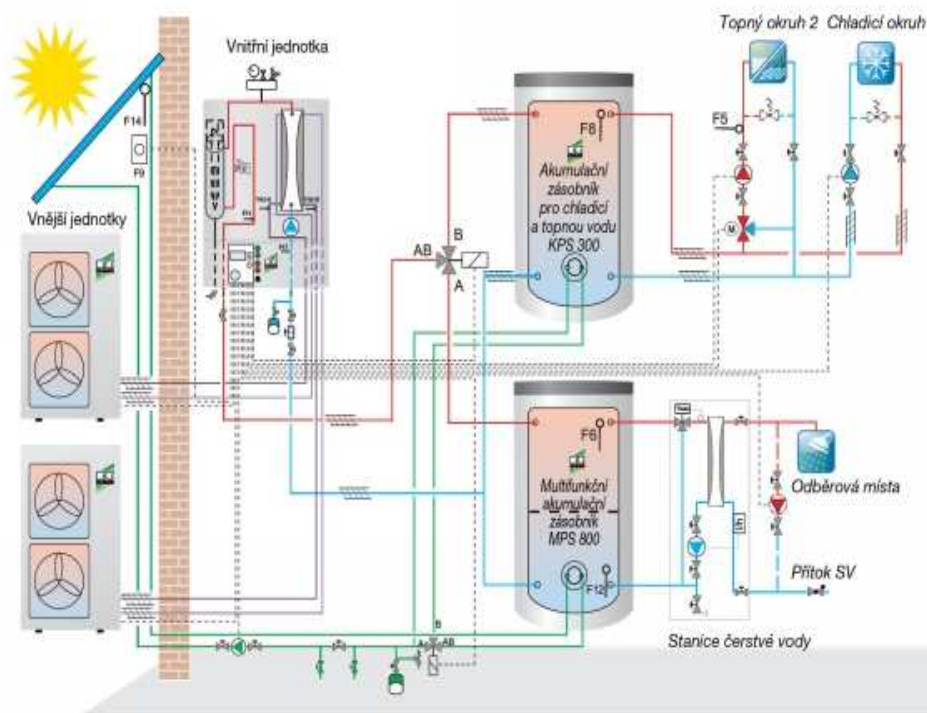
### **2.1.5 Tepelná čerpadla pro zateplené bytové domy**

Zateplením bytového domu dochází k poklesu tepelných ztrát přibližně na polovinu. Z toho plyne, že dochází i k poklesu teploty otopné vody v topném systému. Pokud je potřeba zvýšit dočasně teplotu otopné vody v topné soustavě, je možné zapnout kaskádu tepelných čerpadel v alternativním režimu. Využití tepelného čerpadla je stále vhodné, neboť ho lze využít i k ohřevu užitkové vody, což přináší další úspory. [10,11]

### **2.1.6 Typ tepelného čerpadla pro bytový dům**

Majitelé bytových domů jsou vlastníky pouze pozemků pod těmito budovami, je tedy nutné použít tepelná čerpadla vzduch – voda, a to ve venkovním a vnitřním provedení. Použitím více tepelných čerpadel je možné vytvořit kaskádu a zajistit regulaci nejčastěji přes internet. V případě poruchy, může dojít k rychlému servisnímu zásahu. Kvalitní regulace zvyšuje účinnost tepelného čerpadla, protože dochází k efektivnímu hospodaření s teplem. Při použití tepelného čerpadla je vhodné použití solárních kolektorů, jež mohou být umístěny na střechách bytových domů. [10,11]

Důležitým faktorem je dimenze otopné soustavy. Čím je vyšší výstupní teplota z tepelného čerpadla, tím se snižuje topný faktor a tím pádem úspora. Problém u bytových domů může nastat s vymezením prostoru pro tepelná čerpadla, jelikož toto zařízení zabere místo v daném objektu, a to v řádech metrů čtverečních. S ohledem na umístění tepelného čerpadla se kladou velké požadavky na jeho hlučnost. [10,11]



Obrázek 12 Schéma zapojení tepelného čerpadla [11]

### 2.1.7 Investice do tepelného čerpadla pro bytový dům

V České republice existují dva způsoby, jak lze pořídit tepelné čerpadlo. Prvním je zakoupení tepelného čerpadla formou přímé investice, kdy majitel či sdružení vlastníků bytů zakoupí technologii. Někdy je však tento krok finančně nereálný, jelikož této investici předchází investice do zateplení budovy a výměny oken. Druhým způsobem je částečné zakoupení technologie a její splácení až do úplného odkoupení od dodavatele, zde je vždy důležitá individuální dohoda mezi těmito dvěma stranami. [11]

## 2.2 Solární energie

Využívá se především pro snížení spotřeby tepla na přípravu TUV. Aktuální moderní technologie umožňuje přípravu teplé vody po celý rok. Z tohoto důvodu jsou kolektory naplněny speciální nemrznoucí směsí. Teplá voda tedy neprochází přímo kolektory a je proto vhodné, aby zásobník na teplou vodu obsahoval výměník. Díky tomu je tedy možný provoz i v chladných dnech v zimě, ale bylo by neekonomické aplikovat tento systém jako samostatný. K dosažení požadované výstupní teploty teplé vody se běžně instalují náhradní zdroje tepla, které se využívají při nedostatku energie. [3]



Umísťují se na ploché střechy panelových domů. Upevněny jsou na ocelové konstrukci, která je přikotvena do betonových překladů umístěných na plášti střechy. Hmotnost těchto překladů musí odpovídat nosnosti střešního pilíře a celá konstrukce musí být stabilní do rychlosti větru 175 km/h. Solární systémy se orientují na jih s natočením o 15 stupňů na západ. To zajišťuje nejvyšší energetické zisky. Solární stanice s oběhovými čerpadly měřením, regulací a zásobníky s přehřátou vodou jsou umístěny na patě domu, poblíž objektové předávací stanice s ohledem na tepelné a tlakové ztráty. Pro návrh objemu použitých zásobníků je vždy limitem rozměr dveří a šířka přístupové cesty. Obecně pak platí, že se tento objem navrhuje asi  $1/25$  součtu ploch solárních kolektorů. Nejčastěji se používají nádrže, jejichž objem je 600-800 litrů. Nejlepší energetické zisky vykazují solární zařízení v období od března do září. Životnost kvalitních solárních panelů se předpokládá 25 let. [1,10]

Dalším snížením nákladů na provoz bytového domu může být použití fotovoltaických panelů. Díky nim lze dosáhnout úspory na nákladech za elektrickou energii. Ceny fotovoltaických modulů za posledních deset let klesly až o 80 % a je možné při jejich montáži využít dotací. Tyto panely se rovněž mohou umístit na střechu bytového domu nebo na jeho plochou stěnu. Pro připojení této technologie na bytové domy se v praxi doporučuje připojení takzvaným hybridním systémem. Při použití tohoto systému, na rozdíl od běžného ostrovního režimu, je bytový dům připojen k distribuční síti. Samotná fotovoltaická elektrárna je pak od sítě galvanicky oddělena. Tento systém nevydělává peníze výrobou elektrické energie, protože ta se musí spotřebovat přímo v místě spotřeby. Hybridní fotovoltaický systém je výhodný, jelikož odběratel elektrické energie nepotřebuje získávat povolení od Energetického regulačního úřadu. V případě, že fotovoltaické moduly nejsou schopny dodávat elektrickou energii a akumulátory jsou vybité, dochází k odebírání elektrické energie z distribuční sítě. [18,19]

### **3 Možnosti změny vytápění z hlediska legislativy, platných smluv o zásobování teplem**

Jelikož se vytápění budovy řadí mezi základní technická zařízení, musí jeho návrh a provedení splňovat požadavky na tepelnou pohodu uživatelů. Při provedení návrhu změny vytápění musí být splněny podmínky na výstavbu, hlavně podmínky plynoucí z Vyhlášky č. 268/2009 sb. O technických požadavcích na stavby. Tato vyhláška stanovuje technické požadavky na stavby, jež patří do působnosti stavebních úřadů. Ve třetí části § 8 odst. 1 vyhlášky č. 268/2009 Sb. je uveden základní požadavek na stavby, který závazně popisuje, že návrh a následné provedení stavby musí být takový, že při respektování hospodárnosti, vhodné pro účely využití, se současně musí splňovat řada kritérií. Do těchto kritérií patří mimo jiné úspora energie, tepelná ochrana, ochrana zdraví osob, zvířat, zdravých životních podmínek, životního prostředí a také bezpečnost například při využití plynových kotlen. [12]

Pokud provede odběratel tepelné energie z CZT rozhodnutí o jeho odpojení, souvisí s tímto rozhodnutím další povinnosti. Nejdůležitější z těchto povinností je nutnost získat povolení od stavebního úřadu. Vyjádření - dle § 77 odst. 5 energetického zákona - může dojít ke změně způsobu vytápění jen tehdy, když je provedeno stavební řízení. Konkrétně odstavec 5 energetického zákona uvádí, že změna způsobu vytápění objektu může být provedena pouze, pokud je provedeno stavební řízení s patřičným souhlasem orgánů ochraňujících životní prostředí a rovněž musí být v souladu s energetickou koncepcí. Dále je zde uvedeno, že všechny jednorázové náklady, které se vztahují na provedení těchto změn a zároveň všechny náklady, jež jsou spojeny s odpojením od rozvodného tepelného zařízení, zahrnující, například odstranění tepelné přípojky nebo předávací stanice, hradí ten, kdo tuto změnu nebo odpojení od tepelného zařízení požaduje. [12]

Dle metodiky pro změnu způsobu vytápění v souvislosti s odpojením od CZT je nutné dodržet požadavky, které stanovuje energetický zákon, zákon o ochraně ovzduší a zákon o hospodaření s energií. [12]

#### **3.1 Změna možnosti vytápění odpojením z centrálního zdroje tepla na domovní kotelnu**

Pro povolení změny vytápění z CZT k jinému zdroji vytápění musí být splněna podmínka plynoucí z požadavků zákona 201/2012 sb., pojednávajícím o ochraně ovzduší, kde v § 16 odstavci 7 je uvedena podmínka, že právnická či fyzická osoba musí využít pro vytápění teplo z CZT nebo ze zdroje, který není stacionárním. Toto znění zahrnuje výjimku, plynoucí z energetického posudku, kterým může být prokázáno, že využití tepla z CZT nebo ze zdroje, který není stacionárním zdrojem, je pro dotyčnou osobu ekonomicky nepřijatelné. Nutností je rovněž tuto změnu posuzovat jako změnu dokončené stavby. [13,15]

##### **3.1.1 Energetický posudek**

Je určen podle novely zákona č. 318/2012 Sb. Jedná se o písemnou zprávu, která obsahuje informace o posouzení plnění předem daných ekologických, technických a ekonomických parametrů. Ty určuje zadavatel energetického posudku a zahrnuje výsledky, vyhodnocení. Energetický posudek bývá součástí průkazu energetické náročnosti budovy. Vypracování energetického posudku zajišťuje stavebník, společenství vlastníků jednotek nebo vlastník budovy. [14]

### **3.1.2 Ekonomická přijatelnost**

Pro stanovení ceny 1 GJ na vytápění a přípravu teplé vody se zvažují roční náklady na preventivní údržbu, roční odpis investice na obnovu kotelny po dvaceti letech a také splácení půjčky na pořízení kotelny po dobu dvaceti let. Vyhláška č. 194/2013 sb., o kontrole kotlů a rozvodů tepelné energie, upravuje náklady na rozvody tepelné energie a na kontrolu kotlů deset let od zahájení provozu. Dále jsou zde zvažovány roční náklady na nekvalifikovaný dozor kotelny plynoucí z ČSN EN 12171, jiné roční náklady a roční náklady na plyn pro přípravu teplé vody a vytápění. Náklady na elektřinu a studenou vodu jsou přibližně shodné, a proto se mohou s ohledem na jejich vzájemný poměr k plynu zanedbat. [15]

### **3.1.3 Technická proveditelnost**

Technické proveditelnosti se dosáhne, pokud je projekt kotelny funkční a energeticky úsporný. Tato úspora je způsobena vlivem instalace kondenzačních kotlů s vysokou průměrnou sezonní účinností, instalací elektronicky řízených čerpadel, ekvitermní regulací a časovým řízením chodu cirkulačního čerpadla při úpravě teplé vody. [15]

### **3.1.4 Ekonomická proveditelnost a ekologická proveditelnost**

Ekonomické proveditelnosti se dosáhne, pokud je zjištěna cena z nové domovní kotelny nižší než cena tepla, jež dodává CZT. Ekologické proveditelnosti se dosahuje, pokud instalace domovní kotelny dosáhne úspory emisí oproti plynové kotelně. [15]

## **3.2 Odpojení bytového domu od CZT**

Pokud dojde ke splnění všech podmínek a je vydáno povolení k odpojení bytového domu od CZT, musí být prokazatelně provedena demontáž měřicího zařízení, průtokoměru a zaslepení přípojky, které bude provedeno nejlépe jejím zavařením, případně instalací slepé příruby. Pokud by došlo k pouhému uzavření přívodních armatur, tak by to bylo zcela nedostačující. Vlastní odpojení od CZT může být provedeno na dvou místech otopné soustavy. [20]

### **3.2.1 Odpojení na vstupu teplovodní přípojky do vytápěného objektu**

Tento způsob odpojení vyžaduje vypuštění otopné soustavy nebo její části. Dále musí být demontováno měřicí zařízení průtokoměru i snímačů teploty a zaslepení přípojky. Po provedení těchto úkonů je nutné opětovné napuštění otopné soustavy upravenou vodou. V posledním kroku musí být provedeno vyvážení otopné soustavy odbornou firmou. O provedení vyvážení soustavy je nutné sepsat zápis. Náklady na uvedené práce, jež jsou vyvolány odpojením, hradí ta strana, která odpojení požaduje. Výhodou tohoto systému je technická jednoduchost. Naopak nevýhodou je, že zanechává připojenou přípojku k soustavě mezi hlavním rozvodem a místem odběru. Přípojka by pak byla trvalým odběratelem tepla a její spotřeba by nebyla hrazena a poškozovala by zbylé odběratele. [20]

### **3.2.2 Odpojení v místě odbočení domovní přípojky od hlavního rozvodu**

Tento způsob odpojení vyžaduje zemní práce, které jsou spojené s odkrytím místa odbočení. Dále musí být provedeno odstranění tepelné izolace, vypuštění otopné soustavy nebo její části, mechanické odpojení přípojky a zaslepení místa odpojení. Poté musí být opravena tepelná instalace a znovu napuštěná tepelná soustava upravenou vodou. Rovněž, jako v předchozím případě, musí být provedena demontáž měřicího zařízení průtokoměru a snímačů teploty. Dále pak musí být provedeny zkoušky těsnosti a vyvážení otopné soustavy odbornou firmou. O výsledcích zkoušky a o vyvážení musí být sepsán zápis. Je zde shodné jako v předchozím případě, že náklady na odpojení hradí ta strana, která odpojení požaduje. [20]

Finanční náklady na tento způsob odpojení mohou záviset na rozsahu potřebných zemních prací, objemu vody použité k opětovnému napuštění, ceně chemikálií, jež je nutné použít pro její úpravu a na nákladech souvisejících s vyvážením otopné soustavy. Cena odpojení proto může dosahovat výše v řádech desítek tisíc korun. [20]

### **3.3 Úspory tepla po odpojení od CZT**

Pokud se odběratel, tedy obytný dům, chce odpojit od CZT, je nutné zřídit lokální zdroj vytápění, kterých existuje velké množství a bylo o nich již zmíněno dříve v této práci. Pokud však budeme brát v úvahu větší města, kde s ohledem na životní prostředí, není vhodné využívat kotle na tuhá paliva, připadají v úvahu nejčastěji tři možnosti vytápění. Z hlediska velkých nákladů na provoz elektrických kotlů tento zdroj odpadá. Ideálním řešením tedy je použití kondenzačního plynového kotle nebo tepelného čerpadla. Použití všech těchto variant má jeden společný jmenovatel, a to je vybudování malé lokální kotelny s topným zdrojem, který bude navržen dle potřeb daného objektu, tím dojde ke snížení potřeby tepla na vytápění i na ohřev užitkové vody. [10]

Ke snížení spotřeby tepla dochází z důvodu, že parametry topného zdroje jsou regulovány na základě požadavku na dodávku tepla daného bytového domu, a ne podle potřeb celé lokality jako je v případě CZT. Dodavatel tepla určuje pro danou lokalitu topné křivky dle objektu s nejhoršími vlastnostmi potřeby náběhové topné vody pro topnou soustavu. Nejčastěji jsou to objekty bez energeticko-úsporných opatření nebo s nevyváženou otopnou soustavou, tedy jejich radiátory mají vyšší teplotní spád než daný obytný dům. To způsobuje, že do tohoto bytového domu je dodávána topná voda, která má jiné parametry například vyšší teplotu. To má za následek, že topná soustava v obytném domě nepracuje v optimálním režimu a spotřebovává vyšší množství tepla. V případě přípravy TUV dochází ke stejnému problému. Při přípravě TUV mimo objekt, ve kterém se spotřebovává, nedosahuje tepelná účinnost jejího ohřevu ani 50 %, a to z důvodu vysokých tepelných ztrát v rozvodech. Pro využití všech výhod lokální výtopy je nutné zajistit, aby měl tepelný zdroj vhodnou regulaci, jež bude umožňovat provoz zdroje potřebám domu. [10]

## 4 Návrh vhodného způsobu vytápění pro bytový dům

Cílem této části diplomové práce je posouzení technického řešení a finančních nákladů na vytápění a přípravu TUV v panelovém domě. Při tomto srovnání se vychází z reálných faktur a z důvodu zachování citlivých údajů a osobních dat byla jména firem a odběratelů zachována v anonymitě. Porovnáványmi zdroji tepla je CZT a tepelné čerpadlo.

### 4.1 Popis situace

Jedná se o panelový dům o celkové vytápěné ploše 584,97 m<sup>2</sup> a s celkovou započitatelnou podlahovou plochou 784,72 m<sup>2</sup>. Celkový počet bytových jednotek je 12. U tohoto bytového objektu došlo k celkové revitalizaci po etapách v roce 2012. V roce 2008 byla vyměněna otopná tělesa za deskový typ. Součástí objektu byly i volné sklepní místnosti pro umístění tepelného čerpadla. V rámci dalších finančních úspor došlo k rozhodnutí společenství majitelů pro bytový dům, k náhradě zdroje tepla ze stávající CZT za nový typ vytápění, a to pomocí tepelného čerpadla. K tomuto rozhodnutí došlo v roce 2015 a byl zpracován podrobný projekt.

Na celý projekt tepelného čerpadla nebyly poskytnuty žádné dotace, protože nebylo prokázáno, že přechodem na vytápění a úpravu TUV za pomocí tepelného čerpadla dojde ke snížení emisí. Obvykle globální emise spojené s výrobou elektrické energie pro tepelné čerpadlo jsou vyšší než emise, které jsou vyprodukovány z CZT. Další podmínku uvádí zákon o podporovaných zdrojích energie č. 165/2012 Sb. ve znění pozdějších předpisů. V §25 je jasné uvedeno, že provozní podpora tepla se nevztahuje na systémy s tepelným čerpadlem nebo na solární systémy, jež by zhoršily svým provozem průměrnou roční účinnost stávajících účinných soustav CZT. [24]

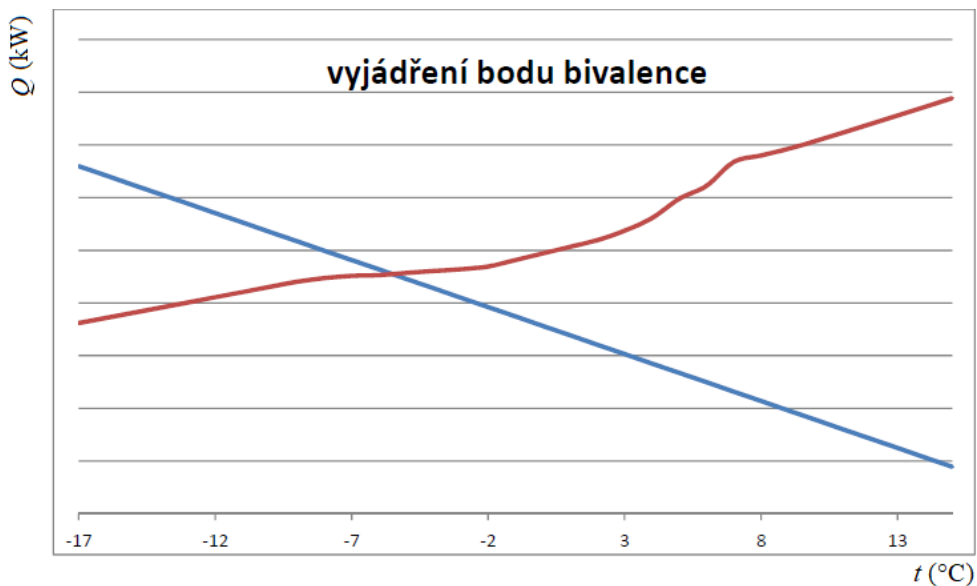
### 4.2 Návrh technického řešení tepelného čerpadla

Součástí tohoto návrhu je zdroj pro vytápění objektu, ale i pro přípravu TUV. Pro vytápění došlo k instalaci taktovací akumulární nádrže o objemu 750 litrů a pro přípravu TUV byly nainstalovány dva zásobníky, každý o objemu 750 litrů. Z jednoho z těchto zásobníků je teplá užitková voda vedena přímo do rozvodu domu a vždy je připravena na požadovanou teplotu. Další zásobník slouží k přehřevu a je cyklicky nahříván na předem nastavenou teplotu. Dle návrhu je tímto systémem možné ušetřit až 30 % energie na přípravu TUV v porovnání s vnořenými výměníky tepla. Regulace je nastavena tak, aby zásobníky přehřevu byly nahřívány pro odběrové špičky. Celá tato sestava je doplněna o bivalentní elektrický zdroj, který slouží pro vykrývání výkonových špiček.

Součástí této výměny tedy jsou tyto základní prvky:

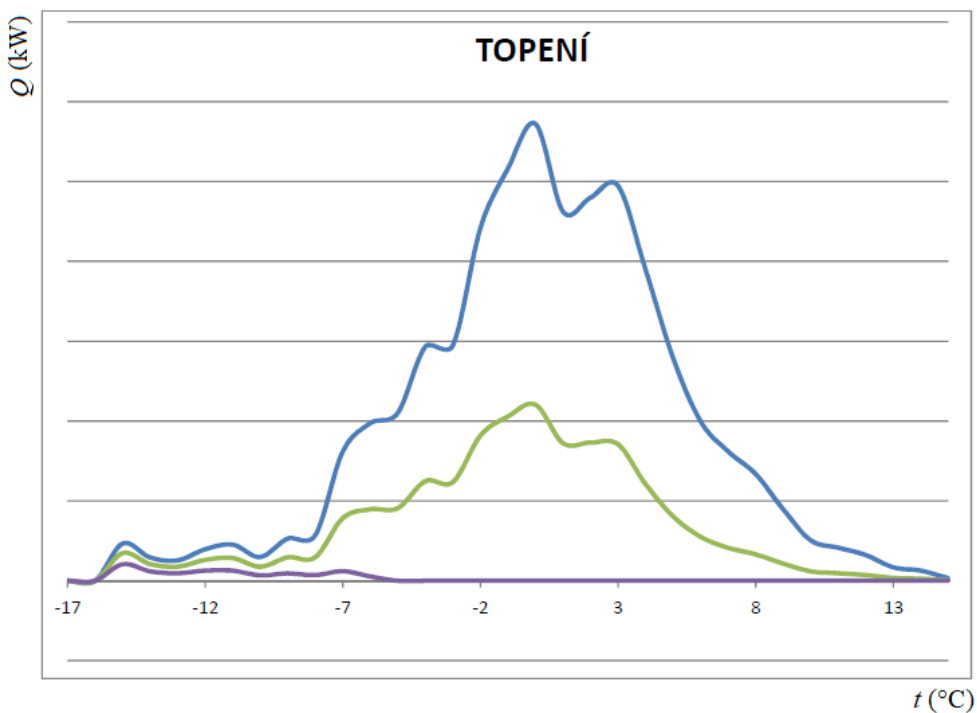
- Tepelné čerpadlo
- Nerezová taktovací akumulární nádrž 750 litrů
- Dvě nerezové nádrže pro přípravu TUV s celkovým objemem 1500 litrů
- Bivalentní zdroj o výkonu 30 kW
- Oběhová čerpadla pro zdroj a pro topný systém a cirkulaci teplé užitkové vody

Následující grafické závislosti jsou součástí cenové nabídky. Na obrázku č.13 je uveden graf vyjadřující bod bivalence. Červená křivka zobrazuje výkon tepelného čerpadla, modrou křivkou je zobrazena tepelná ztráta objektu. Bod bivalence je průsečík tepelné ztráty objektu s přímkou výkonu tepelného čerpadla. Z uvedeného grafu vyplývá, že bodu bivalence dosáhne tepelné čerpadlo při dosažení teploty přibližně -5 °C.



Obrázek 13 Grafické znázornění bodu bivalence

Na obrázku č. 14 je uveden graf znázorňující modrou křivkou teplo spotřebované pro topení za dané venkovní teploty, které je dodáno tepelným čerpadlem a bivalentním zdrojem. Zelená křivka popisuje spotřebu tepelného čerpadla na topení. Fialová křivka popisuje spotřebu bivalentního zdroje na topení.



Obrázek 14 Topení tepelným čerpadlem

Na následujícím obrázku je zobrazena strojovna, ve které je umístěno tepelné čerpadlo s akumulačními nádržemi po kompletní instalaci.



Obrázek 15 Strojovna [21]

#### 4.3 Zhodnocení předběžného projektu tepelného čerpadla

Tato kapitola se zaměřuje na zhodnocení projektu zhotoveného projektantem oslovené firmy, jež tepelné čerpadlo dodala a namontovala. Při výpočtu doby návratnosti bylo vycházeno ze vstupních podkladů, ty představují spotřebu tepla na topení, přípravu TUV, spotřebu teplé užitkové vody v m<sup>3</sup> a ceny za GJ v jednotlivých letech.

Součástí návrhu projektanta byl výpočet spotřeby energie, který byl proveden na základě údajů referenčního klimatického roku. Pro tento klimatický rok je sestavena tabulka dlouhodobého průměru teplot s hodinovými hodnotami. Na základě těchto údajů byl nasimulován běh navrženého zařízení. Dále v tomto výpočtu byla zohledněna potřebná teplota pro topení a zahrnut předpoklad, že je bytový dům dobře zateplen. Otopná soustava zůstala beze změny. Na základě těchto údajů byla stanovena teplota topné vody 55 °C při venkovní teplotě -15 °C a při venkovní teplotě 15 °C bylo počítáno se 40 °C. Náklady na provoz jsou počítány dle dodavatele elektrické energie a jeho ceníku pro daný rok.

Za těchto předpokladů byl stanoven výpočet nákladů na vytápění tepelným čerpadlem. Dle návrhu využití tepelného čerpadla by za jeho použití mělo dojít k výrazné úspoře, a to 127 020 Kč za rok. Celková cena tepelného čerpadla činí 1 071 779 Kč. V této ceně však nejsou započítány náklady na vybudování nového elektrického přívodu s jističem 63 A a internetové přípojky sloužící k servisu tepelného čerpadla. Stanovená doba návratnosti uvedená v cenové nabídce je 7 let.

Pro zhodnocení předběžného výpočtu doby návratnosti je proveden následující výpočet, který je zpracován pro rok 2014. Tento výpočet je zkreslen o růst/pokles ceny elektrické energie, protože není dopředu známo, jaká bude její cena v příštích letech. V tabulce (2) jsou uvedeny reálné vstupní parametry pro výpočet, kterými jsou spotřeba energie na vytápění a přípravu TUV uvedeny v GJ, přepočteny na MWh, jejich cena je určena z faktury od dodavatele.

Tabulka 2 Vstupní parametry pro výpočet

Spotřeba	GJ	MWh	Cena
Vytápění	87	24,17	59 920 Kč
Příprava TUV	104	28,89	63 746 Kč
Celkem	191	53,06	123 666 Kč

Výpočet celkové ceny za 1 GJ, dodaný z CZT, zahrnující vytápění a přípravu TUV –  $C_{GJ-CZT}$ :

$$C_{GJ-CZT} = \frac{C_{\text{celkem CZT}}}{S_{\text{celkem(GJ)}}} = \frac{123\,666}{191} = 647,47 \text{ Kč/GJ} \quad (4.1.)$$

V rovnici (4.1.)  $C_{\text{celkem CZT}}$  – celková finanční částka vynaložena na vytápění a přípravu TUV,  $S_{\text{celkem(GJ)}}$  – celková spotřeba pro vytápění a přípravu TUV v GJ.

V následující tabulce (3) jsou uvedeny další parametry pro vyhodnocení doby návratnosti. Cena za MWh elektrické energie je brána pouze za nízký tarif v sazbě D56d, pro rok 2014. Topný faktor je převzat z katalogu dodavatele tepelného čerpadla, pro teplotu -15/45 °C.

Tabulka 3 Parametry pro vyhodnocení doby návratnosti

Topný faktor COP	2,43
Cena energie za MWh (NT)	2 358,87 Kč
Měsíční platba za jistič 3x63 A	987,36 Kč
Pevná cena elektřiny za měsíc	72,60 Kč
Cena tepelného čerpadla	1 071 779 Kč

Výpočet spotřeby energie tepelného čerpadla, zahrnující přípravu TUV i vytápění –  $S_{TC \text{ celkem}}$ :

$$S_{TC \text{ celkem}} = \frac{S_{\text{celkem(MWh)}}}{COP} = \frac{53,06}{2,43} = 21,83 \text{ MWh} \quad (4.2.)$$

V rovnici (4.2.)  $COP$  – topný faktor tepelného čerpadla,  $S_{\text{celkem(MWh)}}$  – celková spotřeba energie na vytápění a přípravu TUV v MWh.



Celková platba za spotřebovanou elektrickou energii tepelným čerpadlem v nízkém tarifu. Bez zahrnutí stálých plateb –  $C_{NT-TC}$ :

$$C_{NT-TC} = S_{TC\ celkem} \cdot C_{NT} = 21,83 \cdot 2\,358,87 = 51\,503 \text{ Kč} \quad (4.3.)$$

V rovnici (4.3.)  $S_{TC\ celkem}$  – Celková spotřeba energie tepelného čerpadla, zahrnující přípravu TUV i vytápění,  $C_{NT}$  – Cena za MWh v nízkém tarifu v roce 2014.

Celková finanční částka za energii pro vytápění a přípravu TUV zahrnující stálé platby  $C_{celkem-TC}$ :

$$C_{celkem-TC} = C_{NT-TC} + 12 \cdot (C_{jistič} + C_{pevná}) \quad (4.4.)$$

$$C_{celkem-TC} = 51\,503 + 12 \cdot (987,36 + 72,60) = 64\,222 \text{ Kč} \quad (4.5.)$$

V rovnicích (4.4. a 4.5.)  $C_{NT-TC}$  – Celková platba za spotřebovanou elektrickou energii tepelným čerpadlem v nízkém tarifu.  $C_{jistič}$  – Měsíční platba za jistič 3x63 A,  $C_{pevná}$  – Pevná platba za měsíc, zahrnující obchod a silovou elektřinu.

Výpočet celkové ceny za 1 GJ, dodaný z tepelného čerpadla, zahrnující přípravu TUV a vytápění –  $C_{GJ-TC}$ :

$$C_{GJ-TC} = \frac{C_{celkem-TC}}{S_{celkem(GJ)}} = \frac{64\,222}{191} = 336,24 \text{ Kč/GJ} \quad (4.6.)$$

V rovnici (4.6.)  $C_{celkem-TC}$  – Celková finanční částka za energii, dodanou tepelným čerpadlem, pro vytápění a přípravu TUV zahrnující stálé platby,  $S_{celkem(GJ)}$  – celková spotřeba pro vytápění a přípravu TUV v GJ.

Výpočet roční finanční úspory –  $U_{rok}$ :

$$U_{rok} = C_{celkem\ CZT} - C_{celkem-TC} = 123\,666 - 64\,222 = 59\,444 \text{ Kč} \quad (4.7.)$$

V rovnici (4.7.)  $C_{celkem\ CZT}$  – Celková finanční částka vynaložena na vytápění a přípravu TUV z CZT,  $C_{celkem-TC}$  – Celková finanční částka za energii, dodanou tepelným čerpadlem, pro vytápění a přípravu TUV zahrnující stálé platby.

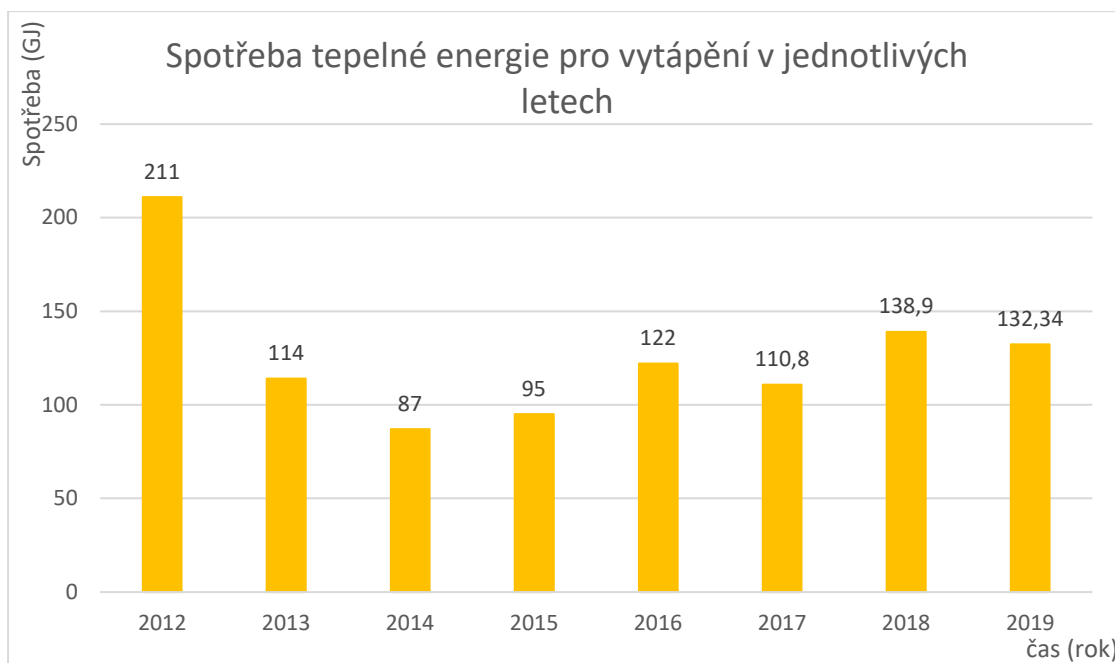
Výpočet předběžné doby návratnosti v letech –  $T_S$ , při ceně tepelného čerpadla 1 071 779 Kč –  $C_{TC}$  a roční finanční úspoře –  $U_{rok}$ :

$$T_S = \frac{C_{TC}}{U_{rok}} = \frac{1\,071\,779}{59\,444} = 18,03 \text{ let} \quad (4.9.)$$

Uvedeným výpočtem je doba návratnosti stanovena na 18,03 let. Proti tomu v cenové nabídce dodavatele je uvedena doba návratnosti 7 let. Dosažení tak vysoké finanční úspory je problematické, a to z toho důvodu, že v projektu byla brána v potaz velmi velká spotřeba tepla na vytápění (211 GJ). Nebylo v něm totiž zahrnuto celkové snížení nákladů na topení, ke kterému došlo díky zateplení celého bytového domu v roce 2012.

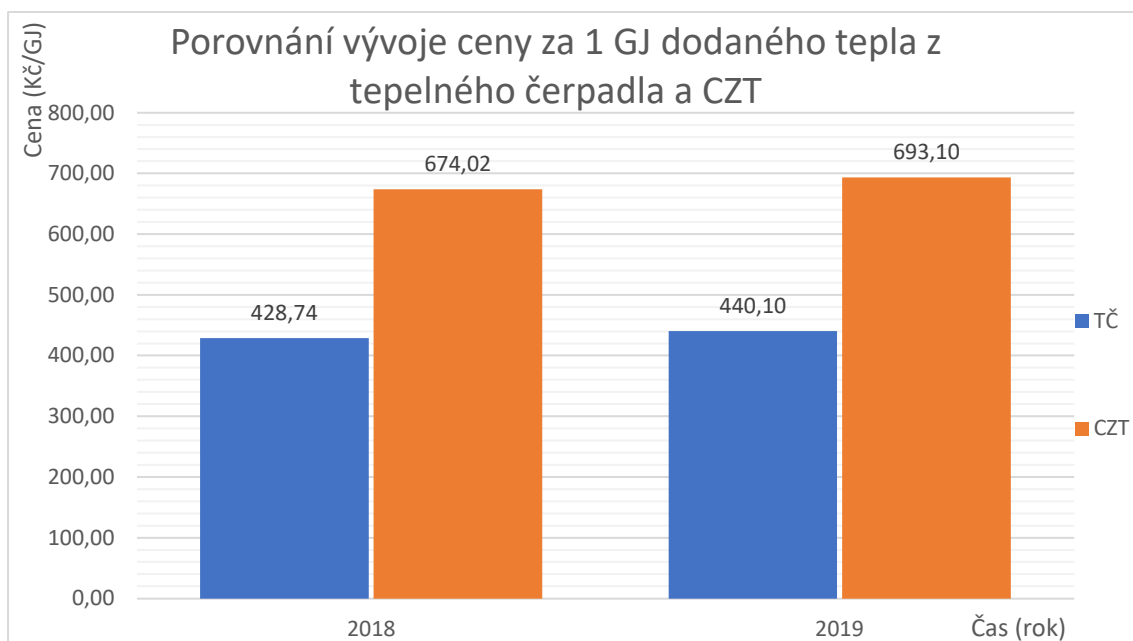
Z důvodu, že je v projektu zahrnuta takto vysoká spotřeba tepelné energie pro vytápění dojde ke snížení doby návratnosti a k umělému navýšení platby odběratele. V předběžném projektu je uvedena platba za vytápění a přípravu TUV z CZT 214 000 Kč. Z faktur v jednotlivých letech od roku 2013 do roku 2017 je patrné, že tak vysoké platby za dodávku tepla, pro vytápění a přípravu TUV z CZT, nebylo nikdy dosaženo. Lze tedy konstatovat, že takové navýšení platby má za následek zvýšení roční úspory a tím pádem snížení doby návratnosti.

Snížení potřebného dodaného tepla pro vytápění je odůvodněno hlavně zateplením domu, které proběhlo v roce 2012. V tomto roce byla průměrná roční teplota v Moravskoslezském kraji 8,1 °C a bytový dům spotřeboval 211 GJ z CZT na vytápění. V roce 2013, kdy byl dům již plně zateplen, byla tato teplota 7,8 °C, což značí pokles průměrné roční teploty o 0,3 °C a bytový dům na vytápění spotřeboval celkově pouze 114 GJ z CZT na vytápění. Rozdíl ve spotřebované tepelné energii v těchto letech je 97 GJ. Na následujícím obrázku je grafické znázornění spotřeby tepelné energie pro vytápění od roku 2012 do roku 2019.



Obrázek 16 Grafické znázornění spotřeby tepelné energie pro vytápění v jednotlivých letech

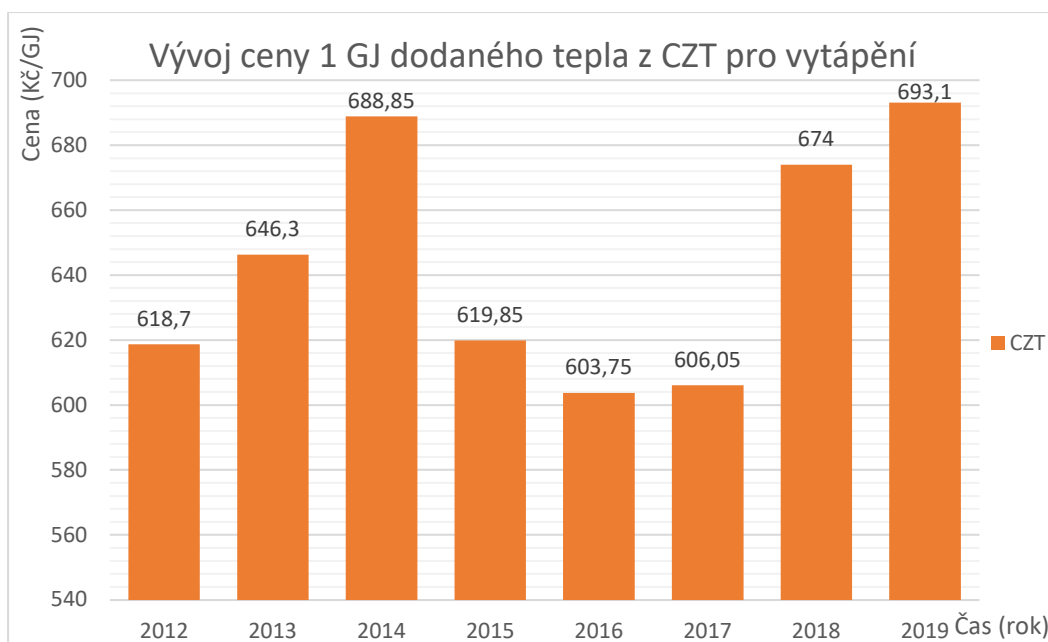
Z uvedených výpočtů je patrné, že doba návratnosti je velmi spjatá nejen s celkovou roční spotřebovanou energií na vytápění a přípravu TUV, ale i s cenami elektrické energie a tím, že se její cena může každý rok lišit. V následujícím grafickém znázornění je porovnání vývoje ceny 1 GJ dodávaného z tepelného čerpadla a CZT, pro roky 2018 a 2019. V těchto letech bylo tepelné čerpadlo plně v provozu a hodnoty cen z CZT byly převzaty od dodavatele.



Obrázek 17 Porovnání vývoje ceny za 1 GJ z CZT a TČ

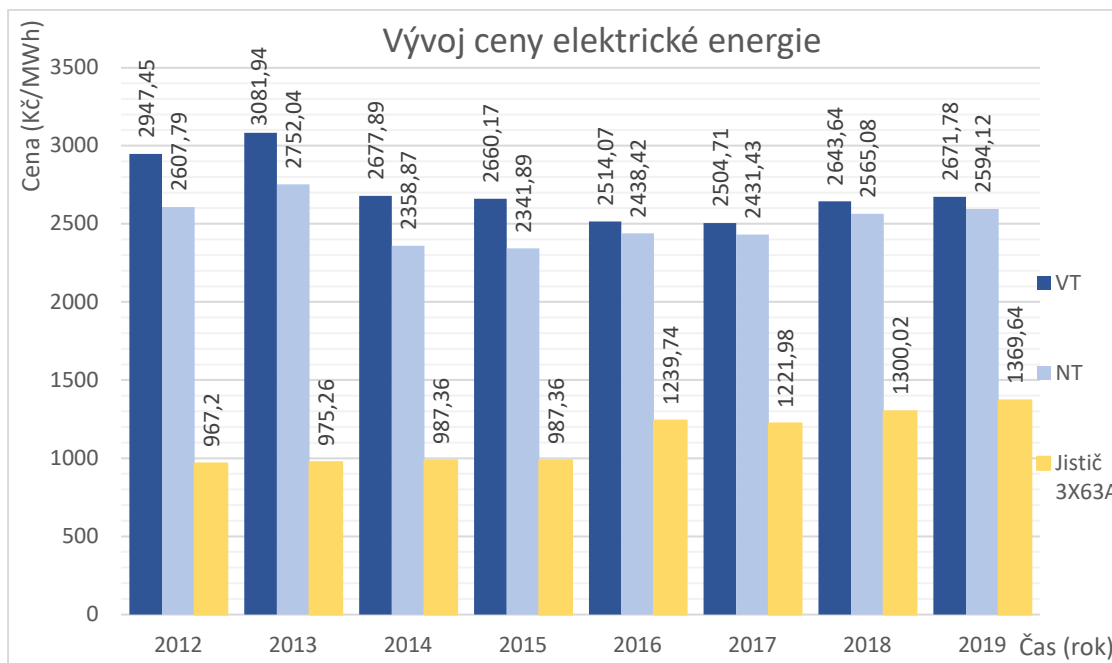
V grafickém znázornění modrou barvou je vyobrazen vývoj ceny za GJ, při použití tepelného čerpadla. Tato cena je vztažena pouze k platbě za elektrickou energii a nezahrnuje další náklady, které mohou být na provoz tepelného čerpadla vynaloženy. Mezi tyto platby se řadí například revizní prohlídky a platby za internet, sloužící k diagnostice a servisu systému tepelného čerpadla. Oranžovou barvou je poté vyobrazen vývoj ceny za GJ z CZT. U tepelného čerpadla došlo k nárůstu ceny za GJ o 6,75 %. U CZT poté došlo ke zvýšení ceny za 1 GJ o 2,83 %.

V následujícím grafickém znázornění je uveden dlouhodobý vývoj ceny 1 GJ tepelné energie z CZT v období od roku 2012 do roku 2016.



Obrázek 18 Vývoj ceny 1GJ dodaného tepla z CZT pro vytápění

V následující grafické závislosti je vývoj ceny elektrické energie. Do roku 2016 je vyznačen vývoj ceny v tarifu D56d. Od roku 2016 je uvedena cena v tarifu D57d, který v tomto roce nahradil tarif D56d. Rozdíl mezi těmito tarify je v době platnosti nízkého tarifu. Pro D56d 22 hodin denně a pro D57d 20 hodin denně. Tmavě modrou barvou je zobrazena cena vysokého tarifu a barvou světle modrou nízkého tarifu. Žlutě je vyznačena platba za jistič 3x63A.



Obrázek 19 Vývoj ceny elektrické energie

#### 4.4 Technické zhodnocení použití tepelného čerpadla

Výhodou při použití tepelného čerpadla a odpojení se od CZT může být vysoká soběstačnost při přípravě TUV. Jelikož při odebrání TUV z CZT mohou vznikat odstávky od teplé vody, které mohou trvat dlouhou dobu a odběratelé nemají jiné východisko než po dobu odstávky zůstat bez TUV. Na straně druhé při použití tepelného čerpadla může nastat stav, kdy například vlivem poruchy dojde k poškození distribuční sítě a odběratelé budou bez elektrické energie a tím pádem bez možnosti vytápění a přípravy TUV.

Pro přípravu TUV jsou v této aplikaci vhodně použity dvě akumulční nádrže, které mají objem 750 l. Jak již bylo zmíněno dříve, v jednom z těchto zásobníků je vždy připravena teplá užitková voda, která je rozváděna do bytových jednotek a je v něm prováděn dohřev ztrát, jež vznikají při cirkulaci TUV. Druhý zásobník slouží k předeřevu a cyklicky se nahřívá od nejnižší teploty na teplotu požadovanou. Posouzení návrhu velikosti těchto zásobníků může být provedeno z celkové roční spotřeby TUV, například za rok 2019, kdy tato spotřeba byla 331 m<sup>3</sup>. Průměrná denní spotřeba činí tedy 906,8 l. Tuto spotřebu zásobníky plynule pokryjí.

Použitý typ tepelného čerpadla disponuje dvěma vhodně použitými kompresory typu Scroll Evi a pokud by došlo k poruše jednoho zařízení, může dojít k záloze druhým kompresorem, případně bivalentním zdrojem. V případě poruchy na jednom zařízení je tedy záloha 100 %. Životnost těchto kompresorů je udávána minimálně 20 let. Efektivní je i jejich odhlučnění vhodně použitými čtyřmi vrstvami hlukově izolačních materiálů.

Topný faktor tepelného čerpadla  $COP$  je stanoven za pomoci měření v laboratoři pouze pro jednu kombinaci provozních podmínek a nedostatečně prokazuje efektivitu tepelného čerpadla, které je používáno po celý rok v teplotních podmínkách, které se neustále mění, jak na straně výparníku, tak na straně kondenzátoru. Hodnota  $COP$  použitého tepelného čerpadla je dle katalogového listu pro teploty  $-15/45\text{ }^{\circ}\text{C}$  2,43. Pro hodnocení tepelných čerpadel se využívá i sezónního topného faktoru  $SPF$ , který lépe vyjadřuje energetickou náročnost tepelného čerpadla v celoročním provozu. [22,23]

Vstupní parametry pro výpočet  $SPF$  jsou uvedeny v následující tabulce (4). Pro výpočet je nutné převést skutečnou potřebu tepla na jednotku MWh.

Tabulka 4 Vstupní parametry pro určení  $SPF$

Rok	2018	2019
Celková skutečná spotřeba tepla	62,77 MWh	61,52 MWh
Potřeba elektrické energie pro chod tepelného čerpadla	28,61 MWh	26,47 MWh

Výpočet sezónního topného faktoru pro rok 2018:

$$SPF_{2018} = \frac{Q_{c2018}}{E_{TC2018}} = \frac{62,77}{28,61} = 2,19 \quad (4.10.)$$

Výpočet sezónního topného faktoru pro rok 2019:

$$SPF_{2019} = \frac{Q_{c2019}}{E_{TC2019}} = \frac{61,52}{26,47} = 2,32 \quad (4.11.)$$

V rovnici (4.10. a 4.11.)  $SPF$  – sezónní topný faktor tepelného čerpadla,  $Q_c$  – celková skutečná spotřeba tepla (MWh),  $E_{TC}$  – potřeba elektrické energie pro chod tepelného čerpadla (MWh) zahrnující potřebu elektrické energie záložního zdroje a potřebu pomocné elektrické energie pro oběhová čerpadla a další pomocná zařízení. Rovnice pro výpočet  $SPF$  byly převzaty z literatury [22].

## 4.5 Srovnání finančních nákladů mezi CZT a tepelným čerpadlem za roky 2018 a 2019

V tomto srovnání je porovnávána roční finanční úspora v letech 2018 a 2019. V těchto letech již bylo tepelné čerpadlo plně v provozu. Protože je známa cena za 1 GJ tepelné energie dodané z tepelného čerpadla a cena za 1 GJ tepelné energie dodané z CZT, je možné zhodnotit celkovou finanční úsporu v jednotlivých letech. Cena 1 GJ z tepelného čerpadla zahrnuje pouze platbu za elektrickou energii. Nezahrnuje tedy další platby jako jsou platby za internet nebo za pravidelnou roční prohlídku zařízení. V následující tabulce (5) je zobrazena spotřeba bytového domu pro přípravu TUV, vytápění a cena za 1 GJ tepelné energie z tepelného čerpadla a od dodavatele CZT. Hodnoty jsou převzaty z faktur za uplynulé dva roky.

Tabulka 5 Vstupní parametry pro finanční srovnání

Rok	2018	2019
Celková spotřeba bytového domu na přípravu TUV a vytápění	225,97 GJ	221,46 GJ
Z toho spotřeba tepelné energie pro vytápění – $S_V$	138,98 GJ	132,34 GJ
Z toho spotřeba tepelné energie na přípravu TUV – $S_{TUV}$	86,99 GJ	89,12 GJ
Cena za 1 GJ dodaný z tepelného čerpadla – $C_{GJ-TC}$	379 Kč	404,6 Kč
Cena za 1 GJ dodaný z CZT – $C_{GJ-CZT}$	674,0 Kč	693,1 Kč

Celková finanční částka vynaložena na přípravu TUV z tepelného čerpadla:

$$C_{TUV-2018 TC} = S_{TUV} \cdot C_{GJ-TC} = 86,99 \cdot 379 = 32\,969,21 \text{ Kč} \quad (4.12.)$$

Celková finanční částka vynaložena na přípravu TUV z CZT:

$$C_{TUV-CZT} = S_{TUV} \cdot C_{GJ-CZT} = 86,99 \cdot 674 = 58\,631,26 \text{ Kč} \quad (4.13.)$$

Finanční úspora na přípravě TUV za rok 2018:

$$U_{TUV} = C_{TUV-CZT} - C_{TUV-TC} \quad (4.14.)$$

$$U_{TUV} = 58\,631,26 - 32\,969,21 = 25\,662,05 \text{ Kč} \quad (4.15.)$$

Celková finanční částka vynaložena na vytápění z tepelného čerpadla:

$$C_{V-TC} = S_V \cdot C_{GJ-TC} = 138,98 \cdot 379 = 52\,673,42 \text{ Kč} \quad (4.16.)$$

Celková finanční částka vynaložena na vytápění z CZT:

$$C_{V-CZT} = S_{V-2018} \cdot C_{GJ-CZT} = 138,98 \cdot 674 = 93\,672,52 \text{ Kč} \quad (4.17.)$$

Finanční úspora na vytápění pro rok 2018:

$$U_V = C_{V-CZT} - C_{ena\,V-TC} \quad (4.18.)$$

$$U_V = 93\,672,52 - 52\,673,42 = 40\,999,1 \text{ Kč} \quad (4.19.)$$

Celková roční finanční úspora za rok 2018:

$$U_{celkova-2018} = U_{V-2018} + U_{TUV-2018} \quad (4.20.)$$

$$U_{celková-2018} = 40\,999,1 + 25\,662,05 = 66\,661,15 \text{ Kč} \quad (4.21.)$$

Výpočet pro rok 2019 je proveden analogicky jako pro rok 2018. Výsledky a jejich následné srovnání jsou uvedeny v následující tabulce (6).

*Tabulka 6 Výsledky cenového srovnání*

Rok	2018	2019
Roční finanční úspora na přípravě TUV	25 662,05 Kč	25 711,12 Kč
Roční finanční úspora na vytápění	40 999,1 Kč	38 180,09 Kč
Roční finanční úspora celková	66 661,15 Kč	63 891,21 Kč

Z tabulky (6) je patrné, že v roce 2018 došlo k celkové finanční úspoře na vytápění a přípravu TUV 66 661,15 Kč. V roce 2019 došlo k celkové finanční úspoře na vytápění a přípravu TUV 63 891,21 Kč.

#### 4.6 Zhodnocení doby návratnosti za rok 2018 a 2019

Tato kapitola má za cíl zhodnotit dobu návratnosti z uplynulých dvou let, kdy bylo tepelné čerpadlo v provozu. Tento výpočet vychází z průměrné finanční úspory v letech 2018 a 2019. V předchozí kapitole (4.4.) je vypočítána hodnota sezónního topného faktoru tepelného čerpadla pro rok 2018 a 2019. Pomocí této hodnoty může dojít k reálnějšímu zhodnocení doby návratnosti tepelného čerpadla. Změna proti roku 2014 je i v typu sazby za elektrickou energii. V roce 2014 bylo počítáno se sazbou D56d. Tato sazba je od roku 2016 nahrazena sazbou D57d. Z celkových finančních úspor lze stanovit průměrnou částku, která byla za tyto dva roky uspořena a činí 65 276,18 Kč.

Doba návratnosti určena za období 2018-2019:

$$T_s = \frac{C_{TC}}{U_p} = \frac{1\,071\,779}{65\,276,18} = 16,4 \text{ let} \quad (4.22.)$$

Pokud by byl po další roky držen tento trend průměrné finanční úspory, doba návratnosti tepelného čerpadla by poté byla 16,4 let.

#### 4.7 Možnost snížení finančních nákladů za pomoci změny dodavatele elektrické energie

Z hlediska snížení nákladů při provozu tepelného čerpadla se již nenabízí velká škála možností, ale nějaké přeci. Může se například jednat o změnu dodavatele elektrické energie. Z důvodu anonymity dat proto budou pro srovnání uvedeny některé možnosti, aby bylo patrné, jak tato změna může ovlivnit celkové finanční náklady vynaložené na provoz tepelného čerpadla.

*Tabulka 7 Náklady na elektrickou energii za rok 2019*

Dodavatel	Celková platba za elektřinu	Úspora
Současný dodavatel	89 609,32 Kč	-
1.Nejlevnější dodavatel	76 513,36 Kč	13 095,96 Kč
2.Nejlevnější dodavatel	80 253,14 Kč	9 356,18 Kč

Srovnání v tabulce (7) je provedeno na základě cenového kalkulátoru z oficiálních stránek energetického regulačního úřadu. Z tohoto srovnání jsou vybráni 3 dodavatelé elektrické energie. Platba za elektrickou energii v roce 2019 činí 89 609,32 Kč. Největší finanční úspory lze dosáhnout, přechodem k 1. nejlevnějšímu dodavateli elektrické energie, zde by finanční úspora na celkové spotřebě elektřiny činila 13 095,96 Kč za rok. Při přechodu k tomuto dodavateli je nutné splnit speciální podmínky pro přidělení tohoto produktu. Základní podmínkou, která musí být dodržena, je sjednání smlouvy na dobu určitou v délce 36 měsíců. Pro získání dalších bližších informací důležitých pro uzavření této smlouvy je nezbytné kontaktovat dodavatele.

U 2. nejlevnějšího dodavatele elektrické energie je finanční úspora 9 356,18 Kč. Výhodou tohoto dodavatele je to, že odběratel nemusí splňovat žádné speciální podmínky pro přidělení tohoto produktu, jako tomu bylo v případě prvního nejlevnějšího dodavatele.



#### **4.8 Zhodnocení změny způsobu dodávky tepelné energie**

Při srovnávání nákladů na vytápění a dodávky TUV za využití tepelného čerpadla nebo CZT, nelze v obecné rovině tvrdit, která z variant je výhodnější. Jelikož existuje spousta protichůdných argumentů, a hlavně pro každou aplikaci může být výhodnější jiná varianta. Nicméně obě metody vytápění by měly mít společný cíl a tím je spokojenost na straně odběratele. Finanční úspora podporuje rozhodnutí k přechodu na tepelné čerpadlo, ale tento zdroj může zároveň vykazovat určité nevýhody. Mezi tyto nevýhody se může řadit čistá vazba nákladů na cenu elektrické energie. Při velkém rozšíření tepelných čerpadel může dojít u distribučních společností k rušení zvýhodněných tarifů pro odběr elektrické energie a tento fakt nemůže odběratel nijak ovlivnit. CZT může disponovat u propojených soustav s více zdroji poměrně velkou zálohou při výpadku jednoho zdroje. Mezi další výhody patří poměrně velká spolehlivost a bezúdržbovost této varianty.

Tepelná čerpadla disponují i dalšími výhodami. Hlavně se jedná o ekologicky přijatelný zdroj, který se může vyskytovat v husté zástavbě. Dle platné legislativy § 3, odst. 8 Zákona o ochraně ovzduší je nutné dodržet povinnost připojení k CZT, pokud jsou splněny podmínky technické proveditelnosti a ekonomické přijatelnosti. Tento zákon však zahrnuje výjimku, ze které vyplývá, že může být použit pro vytápění alternativní zdroj tepla. K čím dál většímu výskytu tepelných čerpadel přispívá takzvaná montáž na klíč. Společenství vlastníků bytových jednotek nebo majitel bytového domu podá požadavek příslušné firmě, která mu zhotoví projekt. Pokud se správa majitelů bytových jednotek pro realizaci projektu rozhodne, může dojít k jeho zhotovení bez větších starostí. Oslovená firma zajistí vše od stavebního povolení až po kolaudaci. Důležitou roli hrají na trhu také možnosti financování. Ať už se jedná o zakoupení celého zařízení v hotovosti, nebo přes úvěr v bance. Další možnosti, které firmy nabízejí, je montáž zařízení na jejich náklady a odběrateli poté prodávají tepelnou energii levněji, než by ji odebírali v teplárně. Pro zvolení správné varianty tepelného čerpadla je vhodné se zaměřit na jeho životnost, kterou z velké části ovlivňuje životnost kompresorů. V rámci bytových domů se jedná nejčastěji o tepelná čerpadla, která fungují na principu vzduch-voda. U těchto čerpadel je nutné vhodně vyřešit problém bivalence a doplňkový zdroj tepla.

## 5 Závěr

S ohledem na životní prostředí je nutné využít pro vytápění bytových domů ekologických zdrojů tepla. Při špatně navrženém systému vytápění jsou náklady na tepelnou energii velmi vysoké. Z těchto důvodů vyplývá požadavek na použití takových zdrojů tepla, které budou splňovat obě kritéria. Dříve používaná zařízení v dnešní době nemusí splňovat současné ekologické požadavky nebo jejich využívání může vést ke zbytečně velkým platbám za energii. V neposlední řadě dochází k tomu, že tato zařízení jsou na konci své životnosti a jejich rekonstrukce je nevyhnutelná. Velmi často sebou změna způsobu vytápění nese nutnost provést rozsáhlejší rekonstrukci, aby mohlo dojít k co nejefektivnějšímu snížení nákladů. To je důvod, proč se v poslední době klade důraz na kvalitu zateplení a výměnu oken. Díky těmto revitalizacím dochází ke snížení tepelných ztrát daných objektů. Pokud se jedná o novostavby, využívají se pro stavbu materiály s co nejnižším koeficientem prostupu tepla. Z hlediska vytápění je důležité, aby bylo dosaženo tepelné pohody osob, které v daných prostorech pobývají. K jejímu zajištění se využívají různé druhy otopných systémů, nejčastěji jsou to závěsné radiátory pod okny. V poslední době se také čím dál častěji přistupuje k podlahovému vytápění, díky kterému lze dosáhnout nejlepšího rozložení tepla v dané místnosti a tím k zajištění optimální tepelné pohody osob. Z důvodu rostoucích cen tepelné energie z tepláren, dochází k častějšímu hledání jiných možností vytápění. Může se jednat o lokální kotelnu s plynovým kotlem nebo o zřízení kotelny s tepelným čerpadlem, které se může starat o vytápění bytového objektu, ale i o přípravu TUV. V této diplomové práci byla rovněž popsána legislativa, která řeší odpojení od CZT. Tato problematika je upravována zákonem. S ohledem na to, že se jedná o ekologický zdroj, musí jeho náhrada splňovat požadavky na ekologii.

Praktická část práce se zabývá technickým zhodnocením použitého tepelného čerpadla. Velikost akumulčních nádrží pro přípravu TUV je dostačující, jelikož za celou dobu, kdy je tepelné čerpadlo v provozu, nedošlo k jejímu nedostatku. Přechodem od CZT na tepelné čerpadlo nepocítili majitelé bytových jednotek žádný problém. Výměna se týkala pouze zdroje tepla a nedotkla se tak jednotlivých otopných zařízení v bytech. Vlivem použití správných izolačních materiálů nevznikají žádné rušivé vibrace a hluk vyvolaný tepelným čerpadlem je díky zvukové izolaci rovněž minimální. Tepelné čerpadlo s použitým bivalentním zdrojem zvládlo vytápění bytového domu i v nejchladnějších měsících v letech 2018 a 2019. Za celou dobu jeho provozu nedošlo k tomu, že by bytové jednotky byly nedostatečně vytápěny.

Dalším cílem praktické části je zhodnocení finančních úspor a rozhodnutí, zda je vhodný přechod z CZT na instalaci tepelného čerpadla. Finanční úspora byla hodnocena za uplynulé dva roky. Za tyto roky došlo k velkému snížení finančních nákladů potřebných na přípravu TUV a vytápění. Tento výpočet je proveden pouze z ceny za elektrickou energii. Nezahrnuje ostatní platby, mezi které patří platby za internet nebo za pravidelnou roční prohlídku tepelného čerpadla. Platba za roční prohlídku činí 8 797,50 Kč, za internet v roce 2018 3 658 Kč a v roce 2019 4 188 Kč. Pokles finančních nákladů za rok 2018 činil 66 661,15 Kč. Za rok 2019 poklesly náklady na vytápění a přípravu TUV o 63 891,21 Kč. Před instalací tepelného čerpadla byl zhotoven předběžný projekt, ve kterém byl stanoven pokles nákladů o 127 000 Kč ročně a stanovena doba návratnosti 7 let. Nicméně v tomto projektu byla návratnost vypočítána s velmi nadsazenou celkovou roční spotřebou tepelné energie pro vytápění bytového domu a reálně není možné takto vysoké úspory dosáhnout.

Z tohoto důvodu je v práci proveden výpočet doby návratnosti, který vychází z parametrů známých před realizací projektu tepelného čerpadla. V tomto výpočtu dosahovala doba návratnosti 18,2 let. Pokud by bylo dosaženo tak vysoké doby návratnosti, investice do tepelného čerpadla by nemusela být rentabilní z důvodu životnosti kompresorů, která je přibližně 20 let. Pokud by byl dodržen stávající trend úspory finančních nákladů, byla by doba návratnosti 16,4 let.

Návrh další možnosti snížení finančních nákladů může plynout ze změny dodavatele elektrické energie. Pro účely tohoto srovnání jsou uvedeni 3 možní dodavatelé elektrické energie. Je patrné, že volbou nejlevnější varianty může dojít k další úspoře finančních nákladů, a to až o 13 095,96 Kč. Celkový pokles platby by za rok 2019 mohl být 77 077,17 Kč.

Vypracování této diplomové práce přineslo nejen reálné srovnání velikosti investičních nákladů a úspor, ale také zhodnocení technického řešení při nahrazení dodavatele tepelné energie z CZT na tepelné čerpadlo. Tato práce jasně prokazuje, že při kvalitním zateplení bytového domu a zvolením vhodného tepelného čerpadla, může dojít k nezanedbatelné finanční úspoře. Pokud se společenství vlastníků jednotek nebo majitel bytového domu rozhodne ke změně způsobu vytápění, rozhodnutí musí plynout z nezkreslených informací, které posoudí výhodnost na základě jeho ekonomických a osobních priorit. Toto rozhodnutí by neměly ovlivňovat různé reklamní kampaně či zkreslená data dodavatelů.

## Použitá literatura

- [1] DUFKA, Jaroslav. Hospodárné vytápění domů a bytů. Praha: Grada Publishing, 2007. Profi & hobby, 125. ISBN 978-80-247-2019-7.
- [2] POČINKOVÁ, Marcela a Lea TREUOVÁ. Vytápění. Brno: Computer Press, 2011. Stavíme. Zařízení budov (Computer Press). ISBN 978-80-251-3329-3.
- [3] HRADÍLEK, Zdeněk, Ilona LÁZNIČKOVÁ a Vladimír KRÁL. Elektrotepelná technika. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04938-9.
- [4] Náklady na vytápění v roce 2018: Vytápění bytových domů. <https://www.srovnator.cz/>: Náklady na vytápění v roce 2018 [online]. Liberec, 2018, 28.09.2018 [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: <https://www.srovnator.cz/clanky/cena-vytapeni-pro-nastavajici-sezonu-2018>
- [5] RYŠAVÝ, Ing. Jiří, Ing. Jiří HORÁK, PH.D, Ing. František HOPAN, PH.D, Ing. Kamil KRPEC, PH.D, Ing. Petr KUBESA a Jiří KREMER. Komfort kotlů na tuhá/pevná paliva – část I.: Automatický kotel. Tzbinfo: vytápění [online]. VŠB-TU Ostrava, 2018, 26.3.2018 [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-tuhymi-palivy/17137-komfort-kotlu-na-tuha-pevna-paliva-cast-i>
- [6] VALENTA, Ing. Vladimír. Vytápíme plynem: Kondenzační kotel pro každého. Tzbinfo: vytápění [online]. 2002, 15.2.2002 [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-plynem/884-kondenzacni-kotel-pro-kazdeho-iii>
- [7] Návod k obsluze a instalaci kotle. DOCPLAYER [online]. Chrášťany 188, 252 19 Praha-zápa: Protherm spol. s r.o, 2006, 2006 [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/16406296-Rejnok-navod-k-obsluze-a-instalaci-kotle-zavesny-elektricky-kotel-vykonova-rada-6-24-kw-rezim-hdo-6-9-12-15-18-21-24-k-www-protherm.html>
- [8] FIEDLER, DR, doc. Ing. Jan. Centrální systémy zásobování teplem nebo tepelná čerpadla? Tzbinfo: vytápění [online]. 2014, 4.8.2014 [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/teplarenstvi/11552-centralni-systemy-zasobovani-teplem-nebo-tepelna-cerpadla>
- [9] NEPOKOJ, Ing. Václav. Základní pojmy vytápění: Dálkové vytápění. SlidePlayer [online]. Střední odborná škola a Střední odborné učiliště, Hradec Králové, 2012, 2012 [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/12801846/>
- [10] Svaz českých a moravských bytových družstev: Bytová družstva-SVJ-Správa domů [online]. Praha, 2018 [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: <https://www.scmbd.cz/>
- [11] Ceskestavby.cz: Na vytápění bytového domu uspoříte tepelným čerpadlem [online]. České Budějovice: ceskestavby.cz, 2012 [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/>
- [12] Změna způsobu vytápění v souvislosti s odpojením od soustavy zásobování tepelnou energií [online]. Praha: Ministerstvo pro místní rozvoj, odbor stavebního řádu, 2013 [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: <https://www.mmr.cz/getmedia/e00f3861-e3f2-48b3-8268-9f0852e355d1/Odpojovani-final-web.pdf?ext=.pdf>

- [13] MRÁZEK, Ing. Karel, Ing. Alena HORÁKOVÁ, Ing. Roman VAVŘIČKA, PH.D., Doc. Ing. Vladimír ZMRHAL, PH.D., Ing. Vladimír GALÁD a Ing. Jiří MATĚJČEK, CSC. Energeticky vědomá rekonstrukce systémů TZB v bytových domech [online]. 1. TZB-info.cz, 2017 [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/energeticky-vedoma-rekonstrukce-systemu-tzb-v-bytovych-domech.pdf>
- [14] PRE: Energetický posudek [online]. Praha: Pražská energetika, 2018 [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: <https://www.pre.cz/cs/velkoodberatele/sluzby-zakaznikum/informace/energeticka-legislativa-a-dotacni-programy/energeticky-posudek/>
- [15] Změna zásobování teplem z centrálního zdroje na domovní plynovou kotelnu: Požadavky zákona 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší. Tzbinfo: vytápění [online]. Praha: tzbinfo, 2018, 19.02.2018 [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/15580-k-problematice-odpojovani-od-szte-zahrnujici-dva-objekty>
- [16] MATUŠKA, PH.D., doc. Ing. Tomáš. Parametry pro hodnocení efektivity tepelných čerpadel: COP a SCOP. Tzbinfo: vytápění [online]. UCEEB ČVUT, Buštěhrad: tzbinfo, 2015, 14.9.2015 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13196-parametry-pro-hodnoceni-efektivita-tepelnych-cerpadel-cop-a-scop>
- [17] DAVID, Petr. Kompresory pro tepelná čerpadla. Tzbinfo: vytápění [online]. tzbinfo, 2015, 26.11.2015 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13498-kompresory-pro-tepelna-cerpadla>
- [18] SPV Solar: Fotovoltaika pro bytové domy [online]. Praha: SPV Solar, 2020 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www.svp-solar.cz/>
- [19] E.on: E.on rádce [online]. Brno: E.on, 2020 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/co-je-to-hybridni-solarni-elektrarna>
- [20] WINKLER, Ing. Jaroslav. Odpojování bytových domů od otopných soustav. Energie kolem nás [online]. Karviná: Energie kolem nás, 2020, 09.02. 2018 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <http://ekn.cz/odpojovani-bytovych-domu-od-otopnych-soustav/>
- [21] Veletrhy Brno: Tepelné čerpadlo [online]. Brno: Veletrhy Brno, 2020 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www.bvv.cz/>
- [22] MATUŠKA, PH.D., doc. Ing. Tomáš. Parametry pro hodnocení efektivity soustav s tepelnými čerpadly: SPF a PER: Sezónní topný faktor soustavy s tepelným čerpadlem SPF (seasonal performance factor). Tzbinfo: vytápění [online]. UCEEB ČVUT, Buštěhrad: tzbinfo, 2015, 05.10.2015 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13272-parametry-pro-hodnoceni-efektivita-soustav-s-tepelnymi-cerpadly-spf-a-per>
- [23] SEDLÁŘ, Ing. Jan. Hodnocení SCOP tepelných čerpadel pro vytápění. Tzbinfo: vytápění [online]. ČVUT v Praze: tzbinfo, 2015, 30.11.2015 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13507-hodnoceni-scop-tepelnych-cerpadel-pro-vytapani>

[24] ERÚ: Co pohlídat v nabídce na tepelné čerpadlo? ERÚ: Energetický regulační úřad [online]. Masarykovo náměstí 5 Jihlava: ERÚ, 2017, 17. 5. 2017 [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/-/e2-80-9eco-pohlidat-v-nabidce-na-tepelne-cerpadl-1>

[25] Viessman: Jak funguje kondenzační kotel [online]. Praha: Viessman, 2020 [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/>